

OPERATION DE SONDAGE

PILLEVERTE II EN PLESDER (35) :
UN ATELIER GALLO-ROMAIN
DE PRODUCTION MASSIVE DE FER SPÉCIALISÉ



Responsable d'opération : Jean-Bernard VIVET

**Etude du mobilier céramique
en collaboration avec Isabelle BRUNIE**

D.R.A.C. Bretagne - Service Régional de l'Archéologie
CH2ST / EA 127 - PARIS I Sorbonne
Centre Régional d'Archéologie d'Alet (Ce.R.A.A.) - St Malo

OPERATION DE SONDAGE

PILLEVERTE II EN PLESDER (35) :
UN ATELIER GALLO-ROMAIN
DE PRODUCTION MASSIVE DE FER
SPÉCIALISÉ

Responsable d'opération : Jean-Bernard VIVET

Etude du mobilier céramique en collaboration avec Isabelle BRUNIE

D.R.A.C. Bretagne - Service Régional de l'Archéologie

EA 127/ CH2ST - PARIS I Sorbonne

Centre Régional d'Archéologie d'Alet (Ce.R.A.A.) - St Malo

SOMMAIRE

Je remercie les acteurs du ministère de la Culture (D.R.A.C. Bretagne, Service Régional de l'Archéologie) de l'intérêt, du soutien, et du financement apporté à cette opération de sondage, portant sur la paléométaballurgie.

Je tiens à remercier très vivement Monsieur William GUILLARD, propriétaire et exploitant de la parcelle de Pilleverte à Plesder, pour son autorisation et son concours au bon déroulement de l'opération. Merci également à ses parents Monsieur et Madame Marcel GUILLARD, pour la coordination avec l'exploitation et les intéressantes informations communiquées.

Un très vif remerciement à Monsieur Robert MONNIER, Maire de Saint-Pierre-de-Plesguen, à Monsieur LEGRAND des Services Techniques et à toute l'équipe municipale pour l'accueil qui nous a été réservé, et en particulier pour l'accès donné à l'ancien camping municipal pour l'hébergement des fouilleurs.

Je remercie chaleureusement Monsieur et Madame Laurent GUY, gérants du restaurant « Antre Terre et Mer » à Pleugueneuc, pour leur accueil, la qualité de la restauration et l'aide logistique pour l'installation des fouilleurs.

Mes remerciements vont, bien entendu, aux participants bénévoles à l'opération de sondage pour le temps consacré à la fouille, pour leur dynamisme et le courage manifesté face aux conditions météorologiques souvent difficiles :

Xavier BACHETER
Morgan CHEVALIER
Anne-Gabrielle DAVIGO
Jacques GARBARINI
Elsa GAUTRAIN
Karim GIOVANANGELI
Fabien LESGUER
Christian HOUZÉ
Thierry HÜCK

Marie KERZERHO
Audrey-Tifenn LE NY
Benjamin LE QUILLEUC
Pauline LAJOYE
Guy LARCHER
Morgan LOUESDON
Nicolas NOTTELET
Bruno REGENT
Raphaël RUBEN
Caroline TSCHAMPER

Une pensée particulière à Nicolas NOTTELET, qui s'est trouvé confronté à un problème de santé extrêmement grave à la fin de l'été. Qu'il veuille bien croire au soutien de toute l'équipe dans cette épreuve majeure.

Merci à Jean-Charles OILLIC pour le prêt du tachéomètre pour la durée de l'opération permettant ainsi la réalisation de près de 1500 points de mesure sur le chantier.

Pour la recherche autorisée d'objets métalliques sur la fouille par électromagnétisme, je souhaite remercier Thierry HÜCK, ainsi que Morgan CHEVALIER, qui a également prêté main-forte au lavage du mobilier.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à Xavier BACHETER, pour l'aide précieuse et soutenue dans les travaux de post-fouille : traitement des photos de fouille, topographie, reprise des dessins, lavage et photographies du mobilier spécifique.

Ma reconnaissance va également à Daniel GUÉRIN et Jacques BANSARD, membres du Ce.R.A.A., pour le dessin des poteries, et la mise au propre des planches.

Je remercie vivement Alexandre POLINSKI, actuellement en thèse, pour son aide et ses précieuses indications sur les meules gallo-romaines en roche volcanique.

Je souhaite préciser que les élèves de seconde S.T.I. du lycée des RIMAINS, esplanade de la Gare, St Malo, ont participé aux travaux de photos et dessin des pesons dans l'option d'exploration « Méthodes et Pratiques Scientifiques ». Je remercie le lycée pour la mise à disposition de la chambre photographique paramétrable et automatisée, et en particulier Olivier BOUTHILLON pour son aide à la mise en œuvre.

Merci au Ce.R.A.A. (Centre Régional d'Archéologie d'Alet, Saint Malo) pour l'aide logistique apportée à la fouille, par le biais en particulier de la mise à disposition du matériel de chantier.

I.

CONTEXTE DE FOUILLE ET PROBLEMATIQUE

INTRODUCTION

Les ateliers métallurgiques fouillés depuis plus de 10 ans ont permis de reconnaître plus d'une trentaine d'appareils de réduction (bas fourneaux), et ainsi de préciser l'attribution typo-chronologique des sites à scories du secteur central de la Haute-Bretagne. C'est le cas du site de Pilleverte II, qui livre des rejets métallurgiques présentant une typologie bien spécifique de scories *en plaquettes* (Vivet, 1997 et 2004).

Le site de Pilleverte II se trouve sur la commune de Plesder (35), en bordure du ruisseau intermittent des Landes qui correspond pratiquement à la limite de commune avec Saint-Pierre-de-Plesguen. Il est situé à 15 km de Saint-Malo, pratiquement sur l'axe Rennes-St Malo (fig.1 et 2). L'ancienne route reprend globalement le tracé de la voie gallo-romaine Alet-Condote, et le site se trouve à environ 1,5 km de celle-ci. Cet axe demande cependant à être précisé au débouché de la forêt de Tressé. Il pourrait se situer légèrement plus à l'est d'après les indices fournis par les campagnes de prospection aérienne menées par Catherine Bizien (Ce.R.A.A.).

Pilleverte a été reconnu en 1997 comme l'un des témoins d'atelier de réduction de fer à scories en plaquettes (Vivet, 1997). Le sondage réalisé en 1999 a permis de progresser dans la caractérisation typologique de ce type de site en démontrant l'attribution de ce type de site à la période gallo-romaine, en l'occurrence à la transition IIe-IIIe s. ap. J.-C. Il a fait l'objet de deux publications spécifiques, l'une portant le mobilier métallurgique (Chauvel et Vivet, 2001), l'autre décrivant de façon plus globale le site et présentant en particulier l'atelier sidérurgique avec son bas fourneau, tel qu'il est apparu lors des fouilles de 1999 (Vivet, 2008).

Grâce à l'opération de 1999, on a pu montrer que les métallurgistes transformaient, à Pilleverte, le minerai de fer en métal dans un bas fourneau pérenne, au cours de la deuxième moitié du IIe siècle ap. J.-C. Les rejets métallurgiques laissés sur place sous forme de scories dépassent 600 t. Il s'agit du premier atelier de ce type fouillé dans le Grand Ouest.

L'opération qui a été menée du 8 juillet au 5 août 2011, est une reprise des travaux de fouille du site gallo-romain de Pilleverte II en Plesder (35), engagés en 1999. Elle visait à explorer les éléments indispensables à la compréhension du procédé métallurgique gallo-romain et à celle des ressources humaines et matérielles mises en œuvre sur ce type d'atelier. Deux exemples d'ateliers issus de la même lignée technique que celle de Pilleverte, ont fait l'objet d'opérations de fouille ces dernières années dans le Grand Ouest : Roche Brune à Pezé-le Robert (72) - fouille F. Sarreste, et Le Buisson à Saint-Evroult de Montfort (61) – fouille Inrap J.-Y. Langlois, permettant des comparaisons et une réflexion d'ensemble sur cette activité technique.

L'environnement des sites métallurgiques est souvent difficile à cerner. Notamment des vestiges essentiels participant de ces complexes techniques n'ont été que rarement mis au jour : les aires de charbonnage, les mines, l'espace de travail où se déroulent la transformation du minerai brut ou 'grillé', l'épuration de la masse de fer brute (loupe), le forgeage, les témoins traduisant le contexte de vie des métallurgistes, leur habitat.

La découverte en prospection et en fouille de nombreux blocs de minerai cru et grillé à l'est du four, dans la zone Z1 (fig. 4), indiquait que ce dernier emplacement possédait un bon potentiel pour la mise au jour des étapes de minéralurgie.

L'achèvement de la fouille du bas fourneau lui-même était susceptible de permettre de mieux cerner son mode de fonctionnement. L'appareil de réduction avait été en bonne partie fouillé. Il subsistait une coupe longitudinale pratiquée dans le four et la fosse de travail, et la moitié occidentale avait été explorée. L'autre moitié, mise en réserve, demandait à être examinée. Une zone interprétée comme servant au stockage de minerai grillé et à celui du charbon de bois avait été reconnues au voisinage du four. Le mobilier céramique a été découvert aux abords même du four (écuelles, mortiers, sigillées...).

La présence de deux gros calages de poteaux près du four incitait à voir l'existence d'un appentis abritant les hommes dans leur tâche. L'agrandissement de la surface explorée cette année montre en réalité qu'il s'agit d'un vaste bâtiment sur poteaux de bois couvrant non seulement le four, mais aussi tout un espace de travail tout à fait inédit.

Comme nous allons le voir, les métallurgistes gallo-romains reprenaient à cet endroit le métal produit par le bas fourneau sous la forme d'une loupe, sorte d'éponge de fer dans laquelle le métal est disséminé dans de la scorie. Il leur fallait en effet épurer les matières métalliques et les ressouder sur elles-mêmes pour obtenir un bloc qui puisse être travaillé en forge, opération requérant un savoir-faire tout à fait particulier.

La fouille du bas fourneau a également été poursuivie. La première opération montrait que le four a connu une vie sans doute assez longue au cours de laquelle il a été largement modifié. Réalisé à l'aide de moellons d'argiles façonnés à la main, sa dimension interne est été ramenée de 1,45 m à une valeur proche d'un mètre avec insertion de pierres verticales intercalaires, qui se prolongent en contrebas en tant que parement d'une fosse de travail dans laquelle coulait la partie minérale non récupérable (scorie). L'ouverture de la porte d'argile du four en fin d'opération et sa dégradation progressive impliquait une réfection régulière de celui-ci, ainsi que l'atteste l'importante accumulation de parois scoriacées observée au sud-ouest de la fosse de travail.

Le four et la fosse de travail sous-jacente se sont vus comblés peu à peu au fil du temps, ramenant les derniers niveaux de la fosse pratiquement à celui du sol et la dimension interne du four, lors de la dernière opération, à 75 cm seulement.

De nombreux systèmes de drainage, mis en place successivement pour se garantir du ruissellement de l'eau due aux intempéries, à l'aide de tuyaux de bois, avaient été reconnus dans la fosse de travail. Les couches les plus profondes accueillent l'agencement pour l'écoulement de l'eau le plus ingénieux. Partiellement découvert en 1999, le plan d'ensemble du dispositif, employant des imbrices mises bout à bout, demandait à être complété et son lien avec le bas fourneau vérifié. La fouille a permis de mettre au jour ce système très fonctionnel et remarquable.

A cinquante mètres de l'atelier, dans la partie ouest de la parcelle, on rencontre au sol une zone (Z2) de très grande concentration de tuiles, briques, mortier gallo-romains et de pierres (fig.4). Tout portait à croire à l'existence d'un bâtiment comportant probablement des murs, dont on aurait pu trouver les fondations. Comme nous le verrons, les sondages réalisés à cet endroit montrent en fait qu'il n'en est rien. La couverture de l'atelier métallurgique sur poteaux mis au jour lors de la fouille fournit la réponse la plus vraisemblable à cette concentration de matériaux de construction.

II.

EXPLORATION DE L'ENVIRONNEMENT DU SITE

1. IMPLANTATION DES SONDAGES

1.1. Aspect du terrain et informations préalables

L'ensemble de la parcelle 12 présente un aspect essentiellement plan, dont l'inclinaison générale, d'environ 2%, est orientée SSE-NNW (fig. 3 et 4). Cette surface plane est marquée par un léger talweg qui débute aux abords sud du ferrier et partage en deux la zone de fouille.

Les prospections de 1998-1999 mettaient en évidence une importante concentration de matériaux de construction dans la partie ouest de la parcelle, sur le rebord est du sillon médian, à 60 m du bas fourneau (zone Z2, fig.3). On recensait ainsi dans la couche de labour une grande quantité de tegulae, des blocs d'argile cuite plus épais, un gros bloc de mortier gallo-romain, et des pierres décimétriques en grand nombre. Plus de 90 fragments de tegulae, de dimension suffisante pour réaliser un carottage en vue d'une éventuelle mesure de paléomagnétisme avaient pu être collectés. Plus récemment la photographie de la parcelle accessible sur le site de géoportail en juillet 2011, laissait apparaître à cet endroit une zone de couleur orangée, témoignant de façon parlante de l'importance de l'accumulation d'argile cuite (photo n°1).

On note pareillement que le curage des fossés de la route de Pilleverte dans son passage au niveau du bois (fig.4) à la même hauteur que la zone en question a livré quelques tegulae dans les années 2005-2006. Par ailleurs Monsieur Gaillard, propriétaire de la parcelle fouillée, indiquait que ses outils de labour accrochaient régulièrement une masse enterrée pouvant être assimilée aux fondations d'un mur, en passant dans un secteur bien précis situé de l'autre côté du bois (à l'ouest) lors de l'exploitation de la parcelle 6 (fig. 3).

Cet ensemble d'observations laissait présumer l'existence à cet emplacement d'au moins un bâtiment couvert, dont la fouille pouvait s'avérer particulièrement utile à l'interprétation de l'atelier métallurgique.

1.2 Méthodologie

Afin d'appréhender l'emprise de ces possibles parties bâties, des tranchées-sondages statistiques ont été réalisées dans la partie du terrain située à l'ouest du petit talweg, y compris dans le bois (fig. 5). Compte tenu de la forme particulière de la zone charbonneuse riche en scories visible à la fois en prospection au sol et en vue satellite, une autre série de tranchées-sondages a de même été effectuée à l'est du talweg en vue d'apprécier l'étendue des installations métallurgiques autour de la zone du bas fourneau reconnu en 1999. Un grand sondage, de type extensif, a été ouvert à partir de cette dernière structure, au vu notamment des résultats singulièrement lacunaires des sondages ouest, et ainsi qu'il était prévu, pour renseigner les aspects techniques de la chaîne opératoire de production de fer mise en œuvre. L'ensemble de tous les sondages réalisés sur la surface non boisée disponible hors partie environnementale conservatoire auprès des rus (en friche), que l'on a souhaité préserver, représente 17,2 % de cette aire accessible (12 %, si on prend en compte les aires en friches).

2. SONDAGES OUEST

2.1 Sondage S 7000

C'est le sondage qui recoupe le mieux la butte orangée qui matérialise la zone Z2. La largeur du sondage, comme celle de pratiquement toutes les tranchées du même type qui ont été ouvertes est voisine de 1,70 m. Sa longueur est de 14,4 m. Toute l'épaisseur de la couche humique livre de grandes quantités d'argiles cuites, principalement des tegulae. (photo n° 4). Les photos des sondages ont été prises en fin de chantier, après avoir essuyé des les premiers jours des épisodes de pluie très prononcés. Elles ne rendent que peu compte de l'aspect parfaitement contrasté observé lors du décapage. Ainsi, on ne rencontre sous ce niveau marron-brun qu'une unique couche d'argile limoneuse jaune dont l'aspect alterne entre des phases kaoliniques blanches ou jaune clair et des phases plus plastiques virant à l'ocre-jaune, parfaitement vierges. Aucune pierre n'apparaît non plus.

La couche humique a une épaisseur de 15 à 20 cm seulement. Le mobilier gallo-romain est présent jusqu'à l'interface de ce qui apparaît être le substrat, plane à ce niveau. Le décapage a été opéré jusqu'à une profondeur de 30 cm dans un premier temps, sans qu'aucune structure n'apparaisse dans l'emprise de la tranchée.

Une exploration plus poussée a été menée dans un deuxième temps, jusqu'à 88 cm de profondeur, au centre de la tranchée. Un dépôt charbonneux très fragmentaire disposé de façon oblique est apparu à partir de 50 cm jusqu'au fond, transversalement à l'axe de la tranchée et sur une emprise de 40 cm de large. De petits témoins charbonneux apparaissent de façon plus large sur un périmètre de 1,50 m de large. Aucun élément mobilier n'a été reconnu en association avec celui-ci. De même aucune trace anthropique, en particulier aucun mobilier métallurgique, ni changement stratigraphique, n'apparaît dans l'épaisseur de la couche de sédiment clair. Il s'agit très probablement des vestiges très ténus d'un petit foyer vraisemblablement antérieur à la période gallo-romaine, appartenant à la protohistoire ou à la préhistorique.

2.1 Sondages S 8000, S 9000 et S 16000.

Positionnés également en partie sur la zone Z2, les sondages S 8000, S 9000 et S 15000, qui ont pour longueurs respectives 17.30 m, 14.80 m et 20 m, présentent les mêmes caractéristiques que le sondage S 7000, dans son premier état d'exploration, c'est-à-dire une couche supérieure sombre recelant de nombreuses tegulae et autres blocs d'argile cuite, auquel succède un niveau uniforme jaune clair à ocre, dans lequel absolument aucune structure n'apparaît, ni aucune pierre.

Les sondages S 8000 et S 9000 ont été creusés jusqu'à 0,35 m et 0,30 m respectivement, tandis que la tranchée S 16000 atteint une profondeur de 0,50 m.

Trois motifs ont conduit à pratiquer ce sondage complémentaire S 16000 au moment du rebouchage. En premier lieu, le terrain présente un relief particulièrement marqué à la jonction du talweg avec le ruisseau des Landes (ru intermittent, inactif en été). Deuxièmement, il s'agissait de faire un test très limité dans la bande de réserve environnementale le long du ruisseau. Enfin, indice important, Monsieur Marcel Gaillard, nous a signalé l'existence d'une concentration de grosses pierres à cet endroit, qu'il avait en grande partie déplacées.

Dans ce secteur pourtant très proche de la zone à scories Z1 débutant dès le contrefort est du petit talweg, force est de constater à nouveau qu'aucune structure ni aucun mobilier n'apparaît sous la couche particulièrement dense en tegulae, qui recèle effectivement, une quantité, malgré tout assez limitée, de pierres éparses.

La section nord de la tranchée, dans la partie en élévation, présente un substrat ocre, tandis que le tiers sud montre une argile blanche, légèrement bleuâtre, aspect lié au milieu plus réducteur de ce secteur humide.

On peut avancer l'hypothèse que le talweg a pu servir de lit aux écoulements d'eau venant du sud de la parcelle, aujourd'hui canalisés de façon rectiligne selon un fossé arbustif longeant le côté de la parcelle du cadastre de 1999 (fig.3). De ce fait, le talweg apparaît comme un cloisonnement dans l'occupation de l'espace.

2.2 Sondage S 10000 - unique structure fossoyée.

Ce sondage, de 17 m de long, situé dans la pointe triangulaire nord-ouest de la parcelle, intéresse la partie la plus basse du terrain, dans le secteur où celui-ci finit par rejoindre le niveau du ruisseau des Landes, en bordure de l'extrémité boisée.

Le sondage confirme le caractère très humide du sol dans ce secteur. Le substrat limoneux, de colorations ocre et gris mêlées sous la couche humique, fait place à 50 cm de profondeur à une argile plus plastique blanc-beige. On note à 40 cm de l'extrémité nord de la tranchée l'existence d'un fossé traversant le sondage selon une direction SE-NW. Son tracé est rectiligne et sa coupe est observable sur les deux côtés de la tranchée sondage. Le comblement débute directement sous la couche humique. Il est constitué d'argile assez plastique gris foncé à noir dans toute sa hauteur. Son profil est assez évasé. La cote du fond du fossé se situe à 70 cm sous le sol végétal. La vérification de la structure a été poussée jusqu'à 80 cm de profondeur.

L'ensemble du sondage n'a livré aucun mobilier anthropique. Compte tenu de son orientation et de son aspect, le fossé observé, correspond vraisemblablement à un creusement de drainage ou de canalisation d'une partie de l'écoulement du ruisseau, d'origine moderne. Il constitue l'unique structure reconnue dans toute la partie ouest du terrain sondé.

2.3 Sondages S 11000 et S 12000.

Le sondage S 11000 longe le bois sur une distance de 21 m. Il a été mené jusqu'à une profondeur de 35 cm sans qu'apparaisse aucune structure ni élément mobilier, ni élément pierreux.

L'exploration de la partie boisée sans déracinement conséquent n'était possible que dans quelques rares intervalles accessibles entre les arbres. Deux tranchées, S 12000 a et S 12000 b, respectivement de 8 m et 7,40 m de long, ont ainsi été réalisées dans le prolongement l'une de l'autre. L'argile apparaissant sous l'humus du bois est limoneuse, de couleur ocre. Seule deux petites scories très fragmentaires sont apparues au décapage.

2.4 Sondages S 13000, S 14000 et S 15000.

Les sondages S 13000 et S 14000 sont situés dans la partie sud du secteur ouest. Leurs longueurs respectives sont de 21 et 22 m. Explorés jusqu'à une profondeur de 30 cm, ils montrent à nouveau une argile limoneuse claire sous la couche de labour, ne laissant apparaître aucune structure. On note simplement dans la partie médiane de S 14000, un passage de limon très ocre, livrant quelques petits nodules d'oxyde de fer naturels, seuls éléments de roche présents, mais en quantité insuffisante pour pouvoir constituer une poche de minerai.

Le sondage S 15000, d'environ 20 m de long, est plus proche de la zone Z2. Il ne livre pratiquement plus d'argiles cuites et est également exempt de structures ou pierres.

2.5 Conclusion.

Des friches de bord de ruisseau particulièrement inextricables en grand ajoncs et buissons se sont développées depuis 1999, suite aux règles environnementales imposant une bande de terrain humide non cultivée en bord de cours d'eau. De même le bois s'est avéré très difficile à pénétrer pour un tracto-pelle à cause de la densité en arbres. Si l'on exclut ces dernières zones, la surface sondée en partie ouest représente 7,5 % du terrain disponible en pratique. La zone très riche en mobilier (Z2) a particulièrement été explorée sans qu'aucune structure marquante n'apparaisse. Il a lieu de préciser que, contrastant avec l'accumulation de terres cuites de la zone Z2, la prospection au sol ne livre quasiment plus de mobilier dès que l'on s'éloigne d'une douzaine de mètres de celle-ci, ce qui constitue un fait quelque peu curieux. De même le mobilier céramique est quasi absent de toute cette partie ouest de la parcelle.

La parcelle étant restée en landes jusqu'en 1918 et en prairie ensuite jusqu'en 1998, les tegulae, susceptibles de gêner la croissance des plantes, n'ont pas été évacuées à l'époque moderne pour faciliter la culture, contrairement à ce que certains témoignages rapportent pour ce type de situation, où l'on a vu parfois des charretées entières de tuiles romaines déplacées de leur emplacement d'origine. On sait que ce type de matériaux, à utilisation multiples, a souvent été récupéré au bas empire ou à l'époque mérovingienne, après une première utilisation plus précoce.

La série de sondages effectuée dans cette partie ouest du terrain, permet donc de conclure à l'absence d'un bâtiment contemporain à l'atelier métallurgique, de même qu'à celle de structures anciennes plus modestes à l'exception des vestiges profonds d'un modeste foyer non daté. Dès lors, impossible d'associer à l'atelier, ainsi qu'il était envisagé, une grande bâtisse, pour l'hébergement des travailleurs, la direction de l'artisanat ou un travail de forge à grande échelle par exemple.

En l'absence d'indice sérieux d'occupation liée à la métallurgie gallo-romaine, la conduite de la fouille s'est recentrée sur la partie est du terrain avec élargissement de la surface explorée en 1999 en zone Z1, complétée de sondages périphériques, en vue de reconnaître de façon plus complète et plus précise l'atelier associé au four de réduction.

3. SONDAGES EST

Dans cette partie du terrain située à l'est du talweg, le sondage principal S1000, fera l'objet des parties décrites plus en détail dans le chapitre suivant. Nous n'examinerons ici que les sondages périphériques à S1000.

3.1 Sondage S 2000

Ce sondage, de 29 m de longueur, longe le grand sondage S1000 et confirme l'extension des structures à caractère métallurgique vers l'ouest, au-delà de l'emprise qui avait été reconnue dans le sondage ouest de 1999 (photos 10 et 11, fig. 6). Les matériaux sont toujours aussi abondants (scories de réduction et scories ferrugineuses, parois de four, tegulae...). Le fait que l'on rencontre encore beaucoup de parois de four à cet endroit, assez éloigné du bas fourneau exploré en S1000, pourrait constituer un indice d'existence éventuelle d'un autre four de réduction dans ce secteur.

Le décapage de la semelle de labour, montre l'existence du sud au nord des zones suivantes :

- amas de scories très compact sur 4 m, formant un monticule de rejets arasé par les labours, constitué d'une accumulation continue de scories de réduction uniquement,
- intermède d'argile jaune de 25 cm de large,
- large structure à sédiment sombre marron meuble sur 6 m de long à scories et argile cuite,
- nouvelle plage d'argile jaune d'un 1 m de long environ,
- nouvelle structure transversale sur 1,30 m, sombre et meuble à scories de réduction et fragment d'argile cuite rouge,
- plage d'argile jaune semblable au substrat de 80 cm de long,
- structure noire transversale sur 1,50 m, comportant un grand fragment plat d'argile cuite semblable à une plaque de cuisson, riche en scories en parties oxydées,
- interface d'environ 50 cm de long montrant de l'argile blanche apparemment hydrolysée,
- conglomérat compact de scories ferrugineuses, parois de four en grand nombre et scories de réduction, comprenant également quelques tegulae, sur 4 m de long ; on note la présence d'un fragment de sigillée dans cette couche,
- couche argileuse jaune et grise sur 10 m environ, qui s'est trouvée noyée, et n'a pas pu être décapée manuellement. L'extrémité sud de ce premier secteur semble indiquer l'existence de structures noires en particulier dans la moitié ouest du sondage.

Ainsi que le laissait supposer le sondage sud de 1999, ces rejets massifs de scories paraissent être plus particulièrement concentrés dans ce secteur, et semblent disposés selon une grande barre dont l'axe est globalement orienté est-ouest.

3.2 Sondage S 3000

Le sondage a 49,7 m de long. Il a été élargi à son extrémité nord et connecté au sondage S 4000, qui lui est perpendiculaire. On retrouve du sud au nord la succession de couches suivante :

- couche argileuse jaune claire du substrat sur 2 m de long.
- amas de scories très compact sur 9,50 m, formant un monticule de rejets arasé par les labours, constitué d'une accumulation continue de scories de réduction en plaquettes uniquement (photo n°13).
- zone de transition entre l'amas de scories et la couche meuble à mobilier métallurgique suivante, sur 1,50 m. Un test plus profond à la pelleteuse a été réalisé afin d'apprécier la stratigraphie et estimer le niveau du substrat et donc l'épaisseur du ferrier. Celle-ci est de 1,05 m dans ce secteur. La photo en coupe (photo n° 12) montre l'interruption assez brusque du ferrier et une importante accumulation de paroi reposant sur une couche comportant de l'argile claire recouvrant ce flanc nord de l'amas de scories.
- couche meuble riche en mobiliers métallurgiques divers (scories en plaquettes et parois de four principalement, scories plus ferrugineuses), ainsi qu'en fragments de tuiles dispersés sur 9 m de long. On note que dans la coupe une couche argileuse claire comportant des scories vient s'intercaler entre les niveaux supérieurs et la couche plus sombre atteinte. Ce niveau pourrait témoigner d'une succession en deux phases chronologiques de l'activité.
- un niveau argileux jaune clair sur 50 cm environ montre que la zone précédente est en grande partie excavée.
- une couche meuble marron riche en mobilier métallurgique sur les 4,5 m de longueur, où seule la semelle de labour a été enlevée.
- une couche de même nature en continuité avec la précédente sur 5,5 m, montrant des zones excavées sous un niveau argileux jaune clair contenant beaucoup moins de mobilier métallurgique, ce qui traduit à nouveau l'existence de deux périodes de fonctionnement. On notera la présence dans le niveau inférieur d'un fragment de céramique commune gallo-romaine à pâte orange très hydrolysée.
- une couche argileuse jaune clair sur 4 m environ.
- un secteur de sédiment noir à l'extrémité évasée du sondage, sous un sédiment un peu moins sombre comportant encore à sa base un niveau argileux plus clair incluant des phases rouge-orange liées à de la rubéfaction.

C'est au sein de ce dernier niveau qu'a été découvert un bloc de granite massif dont les faces paraissent au moins en partie façonnées. On le verra par la suite l'importance revêtue par les blocs de pierre sur le site, qui se trouvent pratiquement à chaque fois associés à des structures essentielles (calages, parement de la fosse de travail...). Les plus grosses notamment sont utilisées dans l'installation du bas fourneau à Pilleverte, à l'instar des 'pieds droits' mis au jour à l'entrée des fours sur le site de 'Roche Brune' à Sillé-le-Guillaume (Sarreste, 2008).

Les divers niveaux rencontrés dans ce sondage montrent que l'atelier se prolonge largement vers l'ouest, en particulier l'amas de scorie allongé déjà rencontré au sud des sondages S1 (1999) et S 2000. Des secteurs en bonne partie excavés présentent un fort potentiel archéologique. L'aspect plus gris des argiles mises au jour dans les niveaux les plus bas témoignent d'un milieu réducteur certainement dû à un contexte humide, assez logique du fait de la proximité du petit talweg. Si la pente générée par ce dernier est propice à l'installation d'aires d'écoulement de scories d'un bas fourneau ou/et d'évacuation/drainage de l'eau, ce terrain moins sec que celui du sondage S1, peut malgré tout poser problème.

Le sondage témoigne par ailleurs de l'existence très probable de deux phases d'activité métallurgique séparée. Cela pourrait alors laisser sous-entendre l'existence d'un autre bas fourneau sans doute antérieur à celui qui a été reconnu, avec des zones de travail de post-réduction probables, compte tenu notamment du nombre important de blocs comportant des phases métalliques trouvés dans ce secteur en détection électromagnétique.

3.3 Sondage S 4000

Sous la couche de labour de ce sondage de 27 m de long, apparaît essentiellement l'argile jaune clair du limon naturel. Quelques éléments céramiques gallo-romains ont été trouvés dans la zone de transition entre labour et substrat. Une série de structures, a priori périphériques à l'atelier, sont apparues (fig. 6, photos n°16 et n°17).

a) fossés F 4001 et F 4002

Du côté ouest du sondage, on enregistre l'existence de deux fossés rapprochés pratiquement parallèles, transversaux au sondage. Ils sont aussi parallèles au talweg et prennent la direction du ruisseau. Ils servent vraisemblablement à évacuer l'eau de ruissellement vers le ruisseau. Leur extrémité n'ayant pas été reconnue il est possible aussi qu'ils fassent partie d'une enceinte de facture légère. Leur direction est différente de celle du long fossé F 1500 qui traverse le sondage S1000. Ils ne sont donc sans doute pas à rattacher à cette restructuration plus tardive, mais plutôt à celle de l'atelier.

b) fosse STR 4003

Au milieu du sondage est apparue une fosse de 1,70 m de large, qui se poursuit sous la coupe sud. Un décapage de surface de la structure laisse apparaître des fragments de tegulae dispersées dans un sédiment limoneux mêlé, de couleur beige à gris avec des inclusions d'argiles jaunes. Ces éléments gallo-romains la relient vraisemblablement au fonctionnement de l'atelier ou à sa fermeture.

c) fossé F 1500

Cinq mètres plus loin vers l'est, on rencontre un fossé traversant obliquement le sondage S 4000. Du fait qu'il se situe dans l'axe global du long fossé F 1500, qui traverse tout le sondage S 1000, on peut penser qu'il s'agit du fossé en question.

d) fosse STR 4004, trou de poteau TP 4009 et trou de piquet TP 4010.

La fosse STR 4004 est visible sur 1,60 m de long. Elle apparaît sur le côté nord de ce tronçon de sondage (fig. 7). Elle se prolonge visiblement au-delà vers le nord. La partie accessible a été fouillée par moitié. Le comblement est à nouveau un sédiment limoneux mêlé, avec des phases blanches et ocre prédominantes associées à des phases de couleur beige à gris, sans mobilier remarquable.

Une fosse présentant l'aspect d'un calage (TP 4007), s'ouvre dans le fond de la structure. La coupe stratigraphique de la fosse traverse également la structure TP 4007. Le comblement de la structure ne semble pas différencié de celle de la fosse, hormis une plus grande importance des phases blanches liées au substrat.

Un second élément de calage est également creusé dans le fond de la fosse STR 4004, sur 8 cm de profondeur à partir de ce niveau. Son aspect est celui d'un trou de piquet bien net (TP 4008). Sa présence est observable dans le comblement de la fosse STR 4004. Une fosse plus large que le piquet, comblée de sédiment limoneux blanc-gris est observable dans le fond de STR 4004. La partie supérieure du comblement de STR 4004 à hauteur du piquet est faite d'argile plus mêlée, plus grise avec de grandes phases marron.

e) trou de poteau TP 4009

La fosse creusée dans le substrat jaune, bien que sans pierre de calage et d'une profondeur limitée (une douzaine de centimètres), se trouve comblée de sédiment brun-gris et paraît bien correspondre à un trou de poteau. Aucun mobilier datant n'est à noter.

f) Fosse STR 4005

La fosse STR 4005 apparaît sur le côté sud du sondage. La fosse STR 4005 vient recouper la fosse STR 4006 au niveau de son extrémité.

Le comblement est du même type que celui de STR 4004. Une zone de comblement différencié (en pointillé sur la figure 7) est apparue au sein de la structure, livrant de gros morceaux de parois de four, un bloc de granit apparemment chauffé, et des scories (photo n°19). Ces éléments la relient très probablement à la période d'activité ou d'abandon de l'atelier métallurgique.

g) Fosse STR 4006

On retrouve un comblement semblable aux précédents. On note toutefois une différence de sédiment qui semble scinder la fosse en deux secteurs de comblement différents. Les deux-tiers ouest comportent des phases marron-brun nettement plus abondantes que le tiers est. La fosse n'a pas été fouillée. On n'enregistre pas de mobilier remarquable en surface du comblement.

h) Trou de poteau TP 4010

Ce trou de poteau est remarquable par son calage réalisé à l'aide de 3 fragments de tegulae (photo n°18). Ces fragments de tuiles le rendent très probablement contemporain ou bien postérieur au fonctionnement de l'atelier.

La profondeur du trou de poteau est de 35 cm sous la couche de labour ; le diamètre de passage laissé par les tegulae est de l'ordre de 20 cm.

Conclusion :

Le sondage S 4000 livre des fossés, fosses et calages, qui indiquent une organisation de l'espace à des fins de drainage ou délimitation d'un secteur qui paraît accueillir au moins une construction contemporaine ou postérieure à l'atelier. L'ensemble des calages TP 4010, 4009, 4008, 4007, assez bien alignés, pourrait constituer l'un des côtés d'un petit bâtiment. L'orientation de cet alignement limité ne correspond pour l'instant, ni à celui du bâtiment sur poteau, ni à celui du fossé F 1500 postérieur, ce qui ne permet pas de répondre à la question de la contemporanéité.

Dans la mesure où il pourrait remonter à la période d'activité de l'atelier métallurgique, cet abri très probable a pu constituer un lieu de vie pour les travailleurs du fer. Une poursuite de la fouille dans ce secteur pourrait apporter des éléments intéressants quant à cette problématique.

3.3 Sondage S 5000

L'extrémité ouest du sondage S 5000 livre une bande de sédiment grisâtre F 5001, vraisemblablement en rapport avec le milieu humide généré par le petit talweg (fig.6, photos n° 20 à 22).

Un fossé de 45 cm de large, F 5002, apparaît juste à côté de F 5001 ; il est possible qu'il s'agisse du prolongement du fossé F 4001, vu dans le sondage S 4000.

Au centre du sondage, on rencontre à nouveau un fossé au comblement marron-brun, traversant de façon oblique le sondage et qui peut être interprété comme la poursuite du fossé F 1500, d'après son orientation et sa position. A ce niveau il est plus étroit que dans les sections situées plus au sud.

A l'extrémité est du sondage, on note la présence d'une structure gris clair qui se poursuit sous la coupe sud du sondage et qui n'a pas livré de matériel datant en surface.

Le sondage ayant été rapidement noyé par de fortes averses, une exploration plus soignée n'a pas pu être entreprise et il est possible que des structures plus fines soit présentes.

3.3 Sondage S 6000

L'extrémité ouest du sondage S 6000 livre également une bande de sédiment grisâtre F 6001, vraisemblablement en rapport avec le milieu humide généré par le petit talweg (fig.6, photos n° 23 et 24). Celle-ci a été en partie dégagée sans livrer de matériel notable hormis de nombreuses pierres de 5 à 10 cm de longueur environ. Le sédiment gris fait place progressivement au limon clair sous-jacent.

Un reliquat de fossé, F 6002, apparaît juste à côté de F 5001 ; il est possible qu'il s'agisse du prolongement du fossé F 4001 et F 5002.

Le fossé F 1500 n'apparaît plus dans l'axe des tronçons vus plus au sud. A sa place, on rencontre une structure grise, qui pourrait éventuellement être l'exutoire de ce dernier. Une fouille serait nécessaire pour s'en assurer.

Ce sondage, le plus proche du ruisseau des Landes, a rapidement recueilli les eaux de ruissellement du site et n'a pas pu être exploré plus avant.

III.

**SONDAGE S1000 :
L'ATELIER METALLURGIQUE
ET SON BÂTIMENT SUR POTEAUX**

1. PRESENTATION DU SONDAGE PRINCIPAL S1000 :

La surface ouverte par ce sondage S1000 correspond globalement à un rectangle S-N de 28 x 15 m, soit une superficie de 450 m² (photo n° 25). Elle incorpore l'emprise du sondage de 10 x 10 m de 1999, et une bonne partie des extensions en tranchées sud, ouest et nord de cette dernière opération, qui indiquaient un prolongement de l'activité dans ces directions. Elle couvre également le secteur situé à l'est du bas fourneau, qui livrait des structures charbonneuses, et des structures liées au travail du minerai, ainsi qu'un fossé rectiligne dont le développement n'était pas connu.

D'autres indices plus discrets ont également motivé l'élargissement parfois échancré du sondage S 1000, sous la forme de quelques pierres souvent en granit émoussé émergeant à peine du substrat clair ou jaune ocre-pâle limoneux et kaolinique. Le sondage de 1999 avait montré que les pierres étaient rares sur le terrain et presque à chaque fois associables à une structure. Le dégagement progressif de ces quelques emplacements pierreux a révélé de fait l'existence de nombreux calages de poteaux.

2. BATI DE L'ATELIER METALLURGIQUE

2.1 Emprise du bâtiment

Le plan d'une construction bâtie presque rectangulaire est apparu petit à petit, avec plus de difficulté du côté ouest, sud et nord, du fait des masses de scories et parois de four considérables à dégager (fig. 9, photo 25 et 26). A l'est, c'est la nature kaolinique du sédiment, qui tend à glisser en recouvrant les structures de quelques centimètres d'argile clair, qui masquait en partie les calages.

Son orientation reprend l'axe de l'inclinaison légère générale du terrain déjà mentionnée, soit SSE-NNW. Le bâtiment est une construction sur poteaux de 15 x 7 m, dimension bien plus importante que celle de l'appentis envisagé en 1999 supposé abriter la seule zone du four de réduction. Il délimite ainsi une aire de travail abritée, très conséquente, d'un peu plus de 100 m² (105 m² plus précisément).

Une ligne de calage ouest englobe les deux très gros calages identifiés en 1999 dans la zone d'ouverture du bas fourneau. Une seconde ligne parallèle à la première se situe à l'est, au delà du bas fourneau. Une série de trous de poteaux perpendiculaires à ces deux lignes vient confirmer l'inscription quadrangulaire du bâtiment.

Aucune ligne de poteau pouvant correspondre à une travée centrale n'est apparue en dépit de la recherche qui en a été faite.

Les dimensions de ce bâtiment sur poteaux de bois sont les suivantes :

- ligne de calage est : $L = 14,7$ m.
- ligne de calage ouest : $L = 15,5$ m.
- ligne de calage nord : $l = 7,6$ m
- ligne de calage sud : $l = 6,7$ m

La forme du bâti est donc très légèrement trapézoïdale, légèrement plus large au nord qu'au sud.

Deux calages complémentaires (TP 1308 et 1404) situés dans l'axe de la ligne est, au-delà des retours d'angles nord et sud de la ligne, prolongent celle-ci de près de 3 m : la longueur totale de celle-ci se monte par suite à 18,6 m. On peut envisager qu'ils aient pu servir de jambage de soutien du bâti selon cette direction ou bien qu'ils viennent soutenir un auvent pour lequel on n'aurait pas alors identifié l'emplacement de tous les supports. Ce pourrait être intéressant dans le cas du TP 1404, car un tel dispositif permettrait d'abriter la fosse 1205, qui recèle un stock de minerai. Le calage TP 1212 quelque peu décalé par rapport à la ligne sud, ne l'est pas suffisamment pour que l'on puisse certifier l'existence d'un tel agencement.

Des sondages locaux ont été réalisés en secteur SW de S 1000, afin de vérifier l'existence d'une troisième ligne porteuse éventuelle, qui aurait pu exister encore plus à l'ouest, en symétrie par rapport à la ligne de poteaux passant par le four, au cas où la ligne ouest ne corresponde qu'aux supports de faîtage d'un bâtiment bien plus grand. Ils n'ont pas abouti à une telle découverte. Force est donc de constater que l'aire de travail en contrebas du bas-fourneau n'est que très partiellement abritée.

2.2 Répartition des calages

La construction compte une série de 14 calages sur la ligne est, soit pratiquement un tous les mètres. Leur espacement est proche de 1,4 m sur la ligne ouest. Les intervalles entre poteaux de la ligne sud sont nettement plus grands : 2,30 m en moyenne. Mis à part l'angle sud-est, les calages sont ici individuels. On note qu'ils sont bien nets et creusés profondément. Les calages de la ligne nord sont également individuels (hormis les angles à nouveau). Ils sont disposés de façon irrégulière. Leur forme et profondeur sont variables. On compte 27 emplacements de poteaux de plus de 15 cm de diamètre sur la ligne est, contre 20 pour la ligne ouest, seulement 3 calages intermédiaires pour la ligne sud, dont un plus modeste et désaxé vers l'extérieur, 5 intermédiaires pour la ligne nord, dont un désaxé vers l'intérieur.

Le nombre élevé de point d'ancrage principaux, qui s'élève à plus de 30 (en faisant abstraction de la multiplicité des trous de poteaux pour certains calages), suggère **une construction capable de supporter une charpente et une couverture de toit assez massive.**

2.3 Aspect des calages

Un nombre important de trous de poteaux recèle encore des pierres de calage, dont certaines sont en place dans la fosse creusée pour implanter le poteau. Il s'agit pour la grande majorité d'entre elles de granitoïdes cadomiens. On trouve quelquefois des plaquettes de schiste sur le terrain, mais celles-ci sont de petite taille (moins de 10 cm). Dans un certain nombre de cas on observe la présence de ces blocs de granit sur toute la hauteur de la fosse recevant le poteau. Des scories ou des parois de fours participent aussi régulièrement au dispositif.

Certaines pierres montrent une rubéfaction marquée indiquant qu'elles ont subi une forte chaleur. Le comblement des calages comporte dans certains cas des charbons de bois. Ceci ne prouve pas pour autant que le bâtiment ait brûlé, même si c'est envisageable compte tenu du contexte de travail qui fait appel à des sources de chaleur intense. Le poteau 1217, en particulier, en contient de grandes quantités. Ceux-ci constituent l'essentiel de son comblement supérieur, qui s'accompagne de blocs de minerai. La forme cylindrique de plusieurs charbons, de seulement quelques centimètres de diamètre ne peut correspondre à celle d'un poteau en bois. De plus le calage se situe dans une zone comportant minerai grillé et charbon de bois. Ces éléments sont venus combler l'espace occupé par le poteau après qu'il ait disparu.

L'espace disponible entre les agencements de pierres au sein des fosses de calage permet assez souvent d'apprécier la section des supports en bois. La majorité d'entre eux sont de forme circulaire, mais d'autres montrent une section nettement quadrangulaire. Concernant cette dernière forme, il s'agit plus précisément d'éléments situés sur la ligne ouest, légèrement décalés vers le nord est par rapport à la série de calages ronds. La multiplicité des fosses de calage, qui incluent en plus des sections de forme radicalement différente, plaide en faveur d'un phasage du bâtiment incluant **au moins une étape de réfection ou de reconstruction.**

2.4 Profondeur des calages

Les profondeurs des fosses de calages sont données dans les tableaux ci-joints (Tab. 1 et 2). Si l'on exclut le calage TP 1212, plus petit et décalé, on constate que les profondeurs auxquelles sont creusées les fosses de calage du fronton sud sont bien élevées que celles du fronton nord.

La ligne est indique de même une diminution progressive de la profondeur des calages du nord au sud. Les poteaux étant ancrés plus profondément au sud, la différence entre les cotes de fond de calage du sud au nord (20 cm) est moindre que celle du dénivelé du terrain (69 cm). Cette disposition permet de compenser en grande partie la pente naturelle du terrain dans cette direction.

Les parois des fosses de calage de la ligne ouest sont très verticales et épousent bien la forme des poteaux. Elles sont nettement plus profondes que celles de la ligne est. Les aires de travail de réduction et d'épuration qui sont aménagées dans ce secteur entament en partie le flanc du talweg décrit précédemment.

Il y a lieu de tenir compte de la nécessité d'écouler la scorie, et aussi de drainer l'eau. De ce fait l'aire de travail donnant sur l'entrée du four se situe en contrebas du bas-fourneau. Cette obligation paraît expliquer le fait qu'il faille descendre plus profondément pour pouvoir caler convenablement les poteaux TP 1312 et TP 1221 à cet endroit.

L'effet de compensation nord-sud de la ligne reste également observable avec un dénivelé du sud au nord de 44 cm pour une différence de cote de fond de calage dans la même direction de 28 cm seulement.

2.5 Dimension des poteaux

Une estimation de la section des poteaux a été tentée en tenant compte de l'espace disponible entre les pierres de calage quand elles sont présentes (valeur en gras), de la qualité du comblement, et de la forme très géométrique des fosses de calage. Elle nous amène à des valeurs essentiellement comprises entre **15 et 21 cm**, aussi bien pour les fosses circulaires à ovales que pour celles qui sont quadrangulaires. Des poteaux de 10 cm de diamètre viennent parfois renforcer la construction en particulier aux emplacements comportant des calages multiples. Les plus gros diamètres sont de l'ordre de 25 cm.

identifiant	Z sol	Z fond	profondeur	dimension poteau
	(m)	(m)	(cm)	(cm)
TP 1404	-0,309	-0,546	24	13 ; 15 ; 7
TP 1405	-0,236	-0,741	50	19,5 ; 19,5
TP 1415	-0,327	-0,702	38	18
TP 1406/3	-0,323	-0,646	32	16,5;16,5;14,5
TP 1407	-0,376	-0,767	39	26
TP 1408/1	-0,628	-0,869	24	14 ; 15 ?
TP 1408/2	-0,370	-0,542	17	10,5
TP 1410	-0,662	-0,990	33	16,5
TP 1409/1	-0,787	-0,983	20	18
TP 1409/2	-0,752	-0,966	21	14,5
TP 1411/1	-0,545	-0,838	29	21
TP 1411/2	-0,586	-0,848	26	19,5
TP 1412	-	-	25	23
TP 1417	-	-	-	-
TP1303	-0,518	-0,863	34	25,5
TP 1304/1	-0,490	-0,800	31	22,5
TP 1304/2	-0,509	-0,692	18	21
TP 1305/1	-0,775	-0,922	15	24
TP 1305/2	-0,788	-0,887	10	19,5
TP1306	-0,808	-0,934	13	10 ; 10
TP1307/1	-0,943	-1,083	14	15
TP1307/2	-0,924	-1,145	22	18
TP1307/3	-0,862	-1,074	21	18
TP1308	-0,689	-0,895	21	18
dénivelé du terrain E	-0,236	-0,924	69	
dénivelé fond calages ligne E	-0,741	-0,940	20	
fosse1401	-0,566	-0,858	29	
fosse1402	-0,662	-1,381	72	

Tab. 1 : ligne de poteaux est et fosse ; caractéristiques des creusements.

identifiant	profondeur	dimension poteau	identifiant	profondeur	dimension
<u>ligne ouest</u>	(cm)	(cm)	<u>ligne nord</u>		(cm)
TP 1210	48	21	TP 1362	17	15
TP 1215	50	16	TP 1363	20	30
TP 1220	60	28,5	TP 1329	20	30
TP 1221	40	27,5	TP 1330	39	15
TP 1312	59	21	TP 1335	17	30
TP 1360	50	21	TP1307/1	14	14
TP 1361	50	12	TP1307/2	22	22
TP 1331	20	10	TP1307/3	21	21
TP 1332	50	15			
TP 1336	37	10	<u>ligne sud</u>		
TP 1337	20	21	TP 1405	50	19,5 ; 19,5
TP 1338	50	19,5	TP 1217	31	20
TP 1339	37	21,5	TP 1219	52	18 à 23
TP1327	26	19,5	TP 1212	23	13,5
TP1328	45	19,5 x 15	TP 1210	48	21
TP 1364	29	10			
TP 1352	38	22,5	dénivelé du terrain W	44	
TP 1362	17	15	dénivelé fond calages W	28	

Tab. 2: ligne de poteaux ouest, nord et sud ; caractéristiques des creusements.

2.6 Eléments d'interprétation de l'architecture du bâtiment

La recherche de calages pour poteaux supportant une faîtière n'a pas donné pas de résultat allant dans ce sens. Le poteau 1330, bien centré sur l'axe de la façade nord et calé de façon différente de ses voisins, aurait éventuellement pu jouer ce rôle. Mais on n'observe aucune ligne de poteau centrale à l'intérieur du bâtiment. Une fosse (F2) à fond plat, dont la fonction n'a pas reçu d'interprétation très satisfaisante, avait été découverte à proximité du bas fourneau, à l'est de celui-ci, sur cet axe supposé. Hormis le fait qu'elle puisse accueillir un dé en pierre, il paraît difficile, à ce stade, d'y voir un calage de poteau supportant une poutre faîtière. Il est plus probable qu'elle concourt aux tâches de fonctionnement du four (soufflage, reprise de matières sur un billot ou une pierre faisant office de support de broyage ou d'enclume ...).

La portée de 7 m observée entre les deux lignes de poteaux principales est importante. Si, comme tout porte à le croire, le bâtiment supportait une couverture en tegulae et imbrices, il y a lieu de supposer qu'il existait au moins une sablière haute de chaque côté permettant de rigidifier l'ensemble. Celles-ci pourraient alors servir de support à des poutres transversales sans doute au niveau des poteaux porteurs, ainsi que le suggère la position bien précise d'un certain nombre de calages parmi les nombreux éléments découverts.

2.7 Plans du bâtiment

La fonction de chacun des trous de poteaux n'est pas toujours simple à reconnaître et plusieurs solutions sont envisageables. Ceux-ci n'ont pas systématiquement de vis-à-vis et certains calages très proches ou multiples ne trouvent pas toujours d'explication. Néanmoins, des considérations telles que le respect d'une linéarité des calages de la construction et celles de critères géométriques tels que l'orthogonalité des poutres transversales restreint le champ des possibilités. L'étude du bâti peut certainement être poussée plus avant et d'autres solutions pourraient apparaître. En l'état, la disposition des calages reconnus permet de proposer au moins deux phases de construction, qui seront notées respectivement n°1 et n°2, sans préjuger de l'ordre chronologique.

2.7.1 Construction n°1 - Premier stade du bâtiment

a) Ferme

Un premier agencement de poutres transversales fournit un plan cohérent à partir d'une série de calages, qui pourrait renvoyer ainsi à une première phase de construction. Ces poutres pourraient faire le lien, du sud au nord :

- entre les poteaux 1210 et 1405 (façade sud)
- entre les poteaux 1220 et 1407
- entre les poteaux 1312 et 1409
- entre les poteaux 1361 et 1417
- entre les poteaux 1338 et 1304

A ce stade chacun des calages envisagés possède en effet un vis-à-vis et **les jonctions transversales** construites selon ce schéma sont **parfaitement perpendiculaires au corps longitudinal** du bâtiment.

Hormis dans la zone du bas fourneau, les poutres transversales considérées sont espacées de façon très régulière : 2,60 m. Dans l'espace du bas fourneau les calages de la ligne ouest sont moins nombreux que ceux de la ligne est. Ce côté apparaît donc comme plus ouvert, de façon logique, si l'on s'intéresse aux questions d'aération des effluents gazeux du bas fourneau et de circulation des hommes.

Il semble qu'il y ait renforcement du bâti au niveau de la fosse de travail du four, qui peut poser problème en tant que structure en creux ; un doublement des calages 1220 et 1221 paraît avoir été mis en place. A titre d'hypothèse, on pourrait envisager le calage 1408 comme vis-à-vis un peu près correct pour le calage 1221. On retrouverait dans ce cas un intervalle de 2,60 m avec la transversale suivante 1312-1409.

Si l'on s'en tient à cet ensemble de calages, l'architecture du bâtiment est particulièrement cohérente : les deux lignes de calage bien parallèles et les poutres transverses bien orthogonales donnent à la construction un plan parfaitement quadrangulaire. L'écartement entre les deux façades longitudinales est constant et égal à **6,82 m**. Si l'on se réfère à la valeur du pied romain usuel amélioré (29,64 cm), cette mesure correspond très précisément à **23 pieds** (à titre anecdotique, le calcul topographique donne 23,00 à 4 chiffres significatifs). La longueur du bâtiment ainsi défini est de **10,97 m**, soit précisément également **37 pieds** (de même, le calcul topographique donne 37,00 à 4 chiffres significatifs). La superficie ainsi définie se monte à 75 m². Tout en restant critique quant à la précision des résultats, ces données sont de nature à montrer que le bâtiment a été réalisé en se basant sur un plan de construction établi à l'avance, faisant appel selon toute vraisemblance à des mesures romaines.

b) Toiture

A partir de cette ossature deux options peuvent se dessiner pour la couverture du bâtiment :

1) la toiture forme un plan incliné, d'un seul tenant entre les sablières hautes, qui sont alors disposées à des hauteurs différentes.

Dans ce cas il serait logique que la profondeur des calages diffère sensiblement entre les deux lignes de poteaux, du fait de l'écart de hauteur de ces derniers, ce qui est globalement le cas (fig.10 et 11). Toujours dans cette perspective, on peut penser que l'inclinaison de la toiture conduise à une hauteur plus élevée du côté du bas fourneau, de manière à laisser les gaz (notamment le monoxyde de carbone) s'échapper plus librement. Mais dans un tel cas le bas fourneau serait moins abrité des intempéries, notamment sur ce côté sud ouest qui recoupe partiellement le secteur des vents dominants. Cette question est à mettre en rapport avec la découverte de systèmes de drainage du four qui apparaissent de manière récurrente dans la stratigraphie, témoignant d'un réel souci de bien évacuer l'humidité de l'appareil de réduction et ses abords. Cette disposition de pente de toiture vers l'est peut constituer un handicap certain en cas d'interruption de l'activité et remise en feu de la structure, qui doit être parfaitement sèche pour fonctionner (au moins au départ). D'autre part compte tenu de la pente générale du terrain vers le talweg, toute l'eau de ruissellement de la toiture tomberait sur le côté est et risquerait de revenir en partie dans l'atelier du fait du léger dénivelé est-ouest (même si le dénivelé le plus important est selon la direction S - N). Ces considérations nous conduisent à donner une certaine préférence à la deuxième option qui suit.

2) les poutres transversales correspondent à la base de fermes supportant une faîtière et une toiture à deux pans.

On note que des tegulae ont été trouvées en 1999 dans le comblement même du bas fourneau et dans celui de la fosse de travail en contrebas, à différents niveaux (certaines cependant pourraient avoir un rôle dans les dispositifs de drainage), ce qui semble bien confirmer que cette partie est couverte.

2.7.2 Construction n°2 - Deuxième stade du bâtiment

Pour son second stade de fonctionnement probable, suite à sa réfection ou reconstruction, le bâtiment semble reprendre globalement la ligne de calage ouest, et, côté est, suivre une ligne de calage légèrement déportée, qui tend à s'évaser vers le nord, selon une géométrie un peu moins précise. Le bâtiment paraît avoir été allongé du côté nord, mais de façon moins soignée (évasement, axes non respectés...). Sa longueur moyenne est voisine 15 m, soit environ 50 pieds romains.

Les nouvelles poutres transversales entrant dans l'extension nord du bâtiment pourraient relier :

- les poteaux 1336 et 1304
- les poteaux 1328 et 1306

Un certain nombre de calages ne présentent pas toujours une interprétation satisfaisante, et il s'avère difficile de trouver des explications très convaincantes malgré les essais qui ont pu être tentés. On peut par exemple envisager que le bâtiment ait été raccourci au sud et se limite à la travée entre les trous de poteaux 1215 et 1415 ; ceci permettrait alors de mieux comprendre l'abandon du calage 1219 de la façade sud et la création de la fosse F1205, contenant un stock de minerai grillé, peut-être alors abrité par un auvent reprenant le plan du bâtiment précédent. Aucun calage n'a cependant été découvert selon l'axe 1215-1415, dont l'orthogonalité par rapport à l'orientation principale du bâtiment n'est, au demeurant, pas très bonne, ce qui reste globalement peu satisfaisant.

2.7.2 Phasage - chronologie

On peut envisager de façon assez probable que la construction n° 2 corresponde à une reconstruction du bâtiment avec extension de celui-ci. D'autres solutions sont sans doute envisageables et mais restent difficile à vérifier.

Il n'est pas impossible par exemple que l'on ait procédé à une simple prolongation du bâtiment avec conservation de la construction initiale, ou qu'au contraire on ait procédé à une réduction de la longueur du bâtiment, ou que ce dernier ait subi un nombre de réfections plus important.

Les calages redondants montrent que le bâtiment a subi au moins une réfection ou a été reconstruit au moins une fois. Bien que les données concernant ces questions présentent souvent des disparités assez importantes, on peut envisager une durée de vie moyenne d'environ 30 ans pour le premier stade du bâtiment, dans le cas où sa reconstruction résulterait d'une fatigue normale de sa structure.

2.7.3 Eléments de comparaison

Il est intéressant de mettre en rapport les dimensions finales du bâtiment découvert à Pilleverte avec celles des bâtiments du site du Buisson à Saint-Evroult-de-Monfort (61) en Normandie, fouillé en 2005 par J.-Y. Langlois (Langlois, 2005 ; Quévillon, 2007, Coulthard, 2011), qui produit également du fer de façon massive à l'époque gallo-romaine (fig. 142). Celui-ci comporte deux bâtiments principaux. L'un deux (bâtiment nord-ouest) est consacré à la réduction et abrite deux bas fourneaux placés de façon parallèle. Il abrite comme à Pilleverte la cheminée des appareils et comporte aussi un nombre plus réduit de poteaux côté four. Les calages face à face permet de même d'envisager des poutres transversales. Ses dimensions ont été estimées à 11,5 x 7 m. La largeur est pratiquement identique à celle du premier état du bâtiment de Pilleverte (23 pieds) et la longueur est voisine (environ 39 pieds au lieu de 37 pieds).

Le grand bâtiment « nord est » quant à lui, paraît attribuable aux travaux de post-réduction. Même si les calages sont plus lâches et l'interprétation qui en est faite un peu plus réservée, ses dimensions coïncident de façon étonnante avec celles du bâtiment de Pilleverte dans son état final : 15 m pour la longueur de l'édifice, et 6,80 m pour sa largeur, entre les deux principales lignes de poteaux. On retrouve à nouveau une largeur de 23 pieds.

On rencontre à nouveau des dimensions très voisines pour le bâtiment de production gallo-romain de Roche Brune à Sillé-le-Guillaume (27) en forêt du même nom, abritant également deux bas fourneaux, fouillé en 2006 et 2007 par Florian SARRESTRE (Sarreste, 2008 ; fig. 143). La construction a pour longueur et largeur : 13 x 8 m, soit une superficie de 104 m², tout à fait identique à celle du bâtiment de Pilleverte dans son état final le plus probable (105 m²).

Les dimensions des bâtiments des 3 sites sont donc très proches les unes des autres. La différence principale concerne leur destination. Au Buisson et à Roche Brune, un bâtiment abrite deux bas fourneaux. Un second bâtiment semble consacré à la post-réduction au Buisson. A Pilleverte, selon les premiers éléments d'analyse, le bâtiment, dans ses deux états, abrite à la fois la réduction (avec un seul four) et la post-réduction.

2.8 Cloisons et circulation

2.8.1 Cloisonnement des façades

Les structures sombres de l'atelier s'arrêtent brutalement au niveau de la ligne de poteaux ouest. Par ailleurs, l'étude de la distribution du mobilier céramique (supra) montre qu'une quantité importante de tessons se trouve dans la zone d'alignement des poteaux ou aux abords immédiats de ceux-ci, dénotant un effet de paroi. Ce phénomène est plus particulièrement marqué dans le cas de la partie nord de la ligne ouest, le retour d'angle

nord et toute la ligne est. Ces différents éléments incitent à voir l'existence d'une paroi ou cloison selon ces dernières façades.

Concernant l'assise de la construction, on ne constate l'existence d'aucune sablière basse. De même, aucun fossé, ni creusement linéaire étroit, ni accumulation argileuse différenciée dans l'axe des poteaux, pouvant renvoyer à des murs en pisé ou en clayonnage avec torchis, n'a été observé. On ne rencontre pas non plus de fondation avec témoin de soubassement en pierre. On peut juste mentionner l'existence de nombreux blocs de pierre accumulés sans doute en tas dans la partie ouest (zone Z2) de la parcelle, d'après le propriétaire du terrain.

Les ressources en pierre n'existent pas directement sur place, mais l'on peut s'en fournir facilement à faible distance (à 400 m environ, sur le coteau situé de l'autre côté du ruisseau des Landes). Les filons de dolérite qui sillonnent le secteur donnent quant à eux des blocs souvent ovoïdes, de forte dureté, et très difficiles à travailler du fait de leur surfaces d'altération en pelure d'oignon. On en rencontre néanmoins un certain nombre sur le site. Ce type de matériau, il est vrai, est peu propice à la constitution de parements de murs ou de murets à modules jointifs.

Le travail de l'argile étant omniprésent suite aux besoins de réfection du bas fourneau, il est difficile de faire la distinction, quand ils ne sont pas scoriacés, entre des blocs d'argile 'cuite' réservée à cet effet et des petits fragments de même nature vestiges possibles de torchis ayant pu subsister par suite d'un contact avec une source de chaleur et du fait de son rayonnement. En l'absence de témoins incrustés dans le sol et de répartition systématique de tels éléments dans les alignements de poteaux, et de calages ou trous de poteaux de faible section entre les calages, il semble que ce mode de construction n'ait pas été utilisé.

Seule la façade nord présente un aspect différencié. On note surtout, sur cette même façade, l'existence d'une sorte de **talus d'argile linéaire** situé entre les poteaux 1329 et 1335, du côté interne de la façade, **comportant des trous de piquets**, qui évoque l'existence d'un clayonnage à cet endroit (photo n° 30).

Les calages 1363, 1329, 1335, très larges et peu profonds renvoient à un mode de construction différent de celui des autres pans du bâtiment. Bien que cette interprétation ne soit pas très satisfaisante, on peut se demander s'ils n'ont pas accueilli des pierres de dimensions assez importantes, jouant le rôle de « dés » venant supporter la base des poteaux porteurs. Le prolongement du calage 1363 sous forme d'un creusement rectiligne, pseudo rectangulaire, limité, en direction du poteau cornier 1352 pourrait ressortir aussi de ce type d'aménagement ou d'une consolidation du support par un autre poteau, juxtaposé.

Compte tenu de l'obligation notoire, quand on pratique le métier de forgeron, de travailler dans une semi-pénombre afin d'apprécier les nuances de couleur émises par le rayonnement du corps chauffé, qui renseignent directement sur la température acquise par le métal, il y a lieu d'envisager que le bâtiment soit au moins en partie fermé dans sa moitié nord. De plus, cette façade est également celle qui est la plus exposée aux intempéries. Cette fermeture de l'espace permettrait de s'en protéger.

Les observations précédentes et la faible distance entre les poteaux des façades latérales, invitent à envisager, à titre d'hypothèse, qu'il y ait pu exister un revêtement de planches fixés à ces derniers, de façon plus ou moins jointive, ou à clin, par exemple, ainsi que cela a pu être évoqué dans certaines constructions comme celle de Wanborough dans la *Britannia* romaine pour un bâtiment de dimensions semblables (Wacher, 1985 ; fig. 40). L'utilisation de planches dans la construction est attestée à l'époque gauloise d'après la citation souvent mentionnée de Strabon (Géographie, IV, 4,3) : « les gaulois se construisent des maisons de forme circulaire en planches et en claires et les recouvrent d'un épais toit de chaume ». On peut imaginer que cette technique ait pu encore être employée au cours de la seconde moitié du II^e siècle.

Compte tenu de l'époque de construction assez tardive dans le Haut Empire, qui renvoie essentiellement à la période des Antonins, on peut se demander si cette construction en matériau organique, sans sablière basse, ne

reflète pas un caractère encore quelque peu indigène (Bloemers, 1985), que l'on pourrait considérer comme archaïque malgré sa couverture très probable en tegulae. L'utilisation de « maison enterrées dans le nord de l'Empire, dont la fonction est typiquement artisanale, ne s'avère sans doute pas ici très judicieuse, pour la circulation des gaz (notamment le monoxyde de carbone - CO, très toxique et même mortel) et fumées. Par contre en Lorraine, il semble que les sites à architecture de terre et bois soient associés à des activités artisanales de métallurgie du bronze et surtout de fer, comme à Bliesbrück en Moselle (Blouet et *alii*, 1985).

Si Vitruve montre un certain dédain pour les constructions de bois, torchis ou clayonnage, il est probable que de telles installations destinées à l'artisanat présentent un caractère fonctionnel qu'il convient de mettre à part.

A certains endroits, on rencontre des éléments qui conduisent à établir l'existence de zones de passages précises permettant d'entrer ou sortir du bâtiment, qui renforcent l'idée d'un cloisonnement au moins partiel du bâtiment.

2.8.2 Entrées

1) Entrée du secteur épuration

Une intense trace de passage le long de la ligne de poteaux 1312 à 1361, se matérialise par un sol fait de moellons d'argile cuite orange et jaune et d'un niveau continu de charbons épars. Par suite l'intervalle entre les poteaux 1360 et 1361 fournit une bonne hypothèse pour l'existence d'une entrée à cet endroit (photo n°27).

La nature du sédiment et des traces anthropiques de l'unité stratigraphique US 1 caractérisée par la présence de très nombreux moellons orange au sein d'un sédiment jaune incorporant une grande quantité de charbons de bois de taille millimétrique à centimétrique, montre qu'il existe une nette continuité entre la fosse de travail du bas fourneau et ce secteur qui vient longer le bâtiment.

La limite entre le sol de substrat jaune intact et cette zone de circulation est tout à fait franche à hauteur de la ligne des poteaux 1312 à 1360. Un stock de minerai grillé s'y appuie, en contrebas (*cf. infra*). Il intègre au moins 2 culots d'épuration très vraisemblables. Ceci suggère fortement qu'il s'agisse d'un secteur de transition et qu'il existait une cloison permanente à cet endroit.

La ligne entre les poteaux 1360 et 1361 est soulignée par une démarcation bien nette. Une masse d'argile blanche formant un bourrelet rectiligne entre les deux poteaux fait la transition entre l'US 010 de couleur orange et la zone charbonneuse noire US 1301 occupant toute la partie nord-orientale du bâtiment, que l'on peut interpréter comme le seuil d'entrée dans le bâtiment.

L'espace situé à l'extérieur, devant les poteaux 1360 et 1361, en direction de l'ouest, est très bouleversé et très charbonneux. Au sein de ce niveau, on rencontre une masse d'argile clair anthropisée, formant un petit talus, perpendiculaire à l'axe 1360-1361, à hauteur du poteau 1361. Ce retour d'angle semble matérialiser un changement brusque de direction qui contraint le cheminement vers l'entrée du bâtiment. Son aspect pourrait résulter des passages répétés effectués à cet endroit.

Une accumulation de matériaux décimétriques (parois de four, pierres, scories, tegulae) forme une sorte de 'muret' perpendiculaire à la face ouest du bâtiment à hauteur du poteau TP 1312 (photo n°139). Elle vient souligner le prolongement de limite nord de la fosse de travail et contribue à démarquer l'aire de travail d'épuration de celle de réduction à l'extérieur du bâtiment.

2) Zone d'ouverture du bâtiment côté bas fourneau

Une limite bien nette marque l'angle sud-ouest du bâtiment entre les poteaux 1215 et 1210. Elle se traduit par une transition franche entre le sédiment clair du substrat à l'intérieur du bâtiment et le sol très anthropisé à l'extérieur (scories, parois de four, sol brun...), ce qui pourrait indiquer également l'existence d'une cloison à ce niveau. Le tracé de cette limite lors de la fouille de 1999, à un niveau supérieur pénètre cependant de façon oblique sous l'abri, à partir de l'angle du poteau 1210. Dans la fouille de 2011, cette limite rentre également à l'intérieur du bâtiment, tout en longeant encore quelque peu la ligne des poteaux 1215-1220, de façon parallèle à celle de 1999. Il est donc très probable que la façade ait été ouverte à un moment donné dans cette section, de même qu'elle l'est manifestement entre les poteaux 1220 et 1312, à la manière d'une travée.

On peut s'étonner que la fosse de travail située en contrebas du bas fourneau ne soit pas couverte, au même titre que l'appareil de réduction. Elle a, de fait, nécessité à maintes reprises des travaux de drainage conséquents et s'est comblée petit à petit. On pourra objecter, à ce titre, que cette zone de travail demande une grande liberté de mouvement, pour gérer les flux de matière qui alimentent le fourneau (minerai, charbon, argile de construction ou réfection du four) et le flux des matériaux qui sortent de l'atelier : masse de réduction brute, déchets métallurgiques (scories), parois d'argile scoriacée résultant de l'ouverture du four ou de sa réfection.

On note, de même, dans le cas du bâtiment du Buisson à St Evroult, que les calages étaient moins nombreux du côté des bas fourneaux, laissant aussi l'impression d'un espace plus ouvert sur cette façade.

2.8.3 Cloison interne entre atelier de réduction (bas fourneau) et atelier d'épuration

Une limite également très nette apparaît entre le sol clair (jaune pâle à blanc suivant l'humidité, photo n° 28) exempt de mobilier métallurgique et de structure (hormis la fosse F2 mise au jour en 1999 près du bas fourneau), et la zone extrêmement charbonneuse située au nord de la ligne transversale que l'on peut dessiner entre les poteaux 1360 et 1411 (ou peut-être 1418, même si la ligne ainsi tracée est moins orthogonale).

L'extrémité sud-ouest de cette ligne est marquée par la présence de masses d'argile jaune assez plastique, légèrement anthropisées, qui surmontaient les niveaux charbonneux sombres des structures STR 1341 et 1342, attachés au travail métallurgique de postréduction (*supra*), dont la signification échappait à la fouille. Trois trous de piquets ont été reconnus au sein de cette frange d'argile, qui est venue fluer dans cette zone de travail en grande partie excavée (photo n° 29).

Par ailleurs, cette transition coïncide parfaitement avec celle qui avait été notée en 1999 dans la partie sud du sondage d'extension A10, ouvert en direction du nord à partir du sondage carré central. On retrouve le dénivelé brutal (37 cm) alors observé dans la moitié est du sondage A10, qui avait été explorée (la moitié ouest avait été seulement décapée).

Cette limite se poursuit à l'est du sondage A10 en direction du poteau 1418. Sur cette partie, le substrat tranche nettement avec une zone totalement charbonneuse, correspondant visiblement à une aire de stockage de charbon. Celui-ci est encore souligné par un léger bourrelet d'argile en crête, qui se termine avec un retour d'angle vers le nord. Une ligne de trou de piquets semble courir parallèlement au sud, mais ces anomalies de sédiment plus sombre n'ont pas pu être vérifiées, cette zone ayant été dégagée en fin de fouille.

Au delà, toujours dans le même axe entre les poteaux 1360 et 1418, le dénivelé s'adoucit nettement. Cette pente sud-nord devient progressive et le comblement contient une fraction importante de sédiment brun-terreux et meuble, tout en restant extrêmement charbonneux. Ce changement de configuration pourrait indiquer l'existence, à un moment donné, d'un large passage entre les deux aires principales du bâtiment à cet endroit.

S'il y a bien un accès entre les deux zones du bâtiment, la réserve de combustible a pu être utilisée un moment donné à la fois au travail de réduction (et possiblement aussi au grillage du minerai), et au travail d'épuration des loupes de fer.

La limite linéaire entre sédiment noir et jaune reste toutefois bien perceptible après le décrochement évoqué. Il est possible que cette cloison interne, même partielle, permette de limiter les fumées du bas fourneau pouvant se répandre dans la zone de travail nord. Il semble plus probant de voir dans cette scission du bâtiment en deux corps, un cloisonnement à caractère fonctionnel, entre un secteur dédié à la réduction du minerai proprement dite dans le bas fourneau et comme nous le verrons, un secteur de transformation de la masse de réduction brute sortie du four, correspondant au travail d'épuration de celle-ci, en vue de produire un bloc de fer forgeable.

Ces observations permettent d'aborder une problématique importante ayant trait à la chaîne opératoire, qui présenterait alors une **nette dichotomie**. On peut dès lors s'interroger sur la qualification des hommes qui y travaillent, qui pourrait faire appel à une spécialisation bien marquée.

2.8.4 Existence possible de planchers

L'angle nord-ouest du bâtiment (construction n° 2) conserve un secteur rectangulaire plan en élévation par rapport aux autres sols du bâtiment. En contraste total avec tous les sols environnants, cette surface géométrique de sédiment ayant la nature du substrat pur, n'est entamée par aucune structure. Aucun mobilier conséquent n'y a été recensé. Par suite, on est conduit à se demander si un plancher à cet endroit ne pourrait pas constituer une explication pratique à cet aspect particulier du sol.

Il n'est pas impossible alors que celui-ci soit soutenu au nord par les pierres occupant les calages et que le trou de poteau TP 1327 participe à cet assemblage. On constate en tous cas l'existence d'une **plate-forme**, qui figure un espace particulier, en quelque sorte privilégié, à l'abri de la zone très perturbée des foyers de travail métallurgique.

L'angle nord-est de la construction n°2 présente des caractéristiques assez similaires à celle de l'angle nord-ouest, avec une surface préservée plus restreinte. Une hypothèse du même ordre peut aussi être formulée.

L'aire A2 qui entoure toute la moitié est du bas fourneau coïncide avec les limites de cette partie du bâtiment. Elle présente la particularité d'être pratiquement plane et faite du sédiment jaune-blanc du substrat très propre, ne recélant aucune structure perturbatrice à l'exception de la fosse F2 déjà mentionnée près du four, en 1999, qui est peut-être antérieure, par exemple créée lors de la construction du bas fourneau.

Les abords sud, ouest et nord de cette aire sont plutôt en devers, mais ce n'est pas le cas de la zone située à l'est. Si l'apport d'argile pour en faire une sorte de plate-forme en rehaut pour le four, à l'exemple du cas du Buisson à St Evroult, n'est pas à écarter totalement (par exemple en employant l'argile des excavations de la partie nord du bâtiment), le dénivelé n'est cependant pas flagrant. Il est peu vraisemblable qu'un seul labour moderne ait pu araser une telle plate-forme pour donner un niveau plan tel qu'il a pu être observé en 1999 (ce ne pourrait donc être éventuellement le fait que de labour très anciens, s'ils ont existé ; la mise en place d'une tranchée-sondage traversant toute la zone en question serait nécessaire pour vérifier ce point).

On peut se demander de façon sans doute plus probable, si le bâtiment ne possédait pas un plancher dans tout ce corps de bâtiment correspondant à l'atelier de minéralurgie/réduction.

3. ATELIER DE REDUCTION

Le bâtiment comportant deux zones de travail distinctes, celles-ci seront dénommées de façon abrégée respectivement « atelier de réduction » et « atelier de post réduction », au sens large (non exclusif), et seront étudiées successivement.

La partie du bâtiment décrite dans ce chapitre comporte la zone de réduction proprement dite, mais les indices de minéralurgie (traitement du minerai), également présents, seront abordés dans un premier temps. La description du bas fourneau lui-même, avec son dispositif de drainage vient ensuite.

3.1 Concentration de blocs de minerai US 012

Le long du bâtiment, dans la zone de passage entre la fosse de travail du bas fourneau et l'atelier de post réduction, entre les calages de poteau 1312 et 1360, on rencontre une accumulation notable de blocs de minerai grillé correspondant à une bonne quinzaine de kg (photo n° 27). Les blocs sont incorporés assez profondément dans la couche faisant office de sol de circulation, contre la façade du bâtiment. Cette concentration bien nette à cet endroit de blocs de toutes dimensions renvoie à la constitution d'un petit amas de minerai grillé situé près de l'entrée du bâtiment, qui n'a pas été traité (non broyé).

3.2 Fosse à minerai F 1205

3.2.1 Situation chronologique vis-à-vis du bâtiment sur poteau

La découverte du calage de poteau TP 1219 dans l'emprise même de la fosse 1205 pose question (photo n° 31). Cette fosse, fouillée partiellement en 1999, contenait une grande quantité de blocs de minerai grillé disposés par endroits en concentration telle qu'ils formaient pratiquement des lits pierreux noyés dans un sédiment meuble sombre. Une cinquantaine de kilogrammes de minerai a ainsi été collectée. Les blocs étaient accompagnés d'un certain nombre de fragments de tegulae et d'imbrices également noyés dans la masse de terre. Les niveaux supérieurs de fosse ont livré quand à eux du mobilier céramique en quantité conséquente, relativement à l'ensemble du site.

Lors de la fouille de 1999, le calage ne se signalait pas de façon évidente au sein même du comblement de la fosse ; aucune concentration de pierres particulière de blocs de granit n'a été enregistrée à cet endroit. Le calage est apparu au fond même de la fosse. Il conserve des témoins de comblement de celle-ci (blocs de minerai grillé) dans sa partie supérieure en contact avec la fosse, mais ce n'est pas le cas de sa partie inférieure (photo n° 32) ; le comblement essentiel du trou de poteau est fait de sédiment jaune clair et ne comporte pas de sédiment sombre. Un fragment de panse épais, de couleur marron, à fort dégraissant (C82) a été découvert tout au fond de ce creusement. On note par ailleurs, tout particulièrement, que l'on a procédé à une mise en place soignée de nombreux blocs de granit, afin de réaliser un calage sérieux.

Plusieurs possibilités d'interprétation s'offrent alors.

1) Le calage a été creusé dans la fosse déjà comblée de sédiment sombre et de minerai grillé. On pourrait s'attendre dans ce cas à l'existence d'un dispositif de maintien du poteau faisant appel à un agencement de

grosses pierres bien visibles compte tenu de la nature très meuble de ce comblement, ce qui n'était pas le cas. Par ailleurs, le comblement inférieur de la fosse de calage du poteau devrait livrer des phases de sédiment sombre et des blocs de minerai grillé. Enfin, il ne paraît pas judicieux de placer un poteau dans une telle fosse. Cette proposition est à rejeter. Elle supposerait en outre que le stockage de minerai et son grillage soient antérieurs à cette phase de construction.

2) Le calage a été creusé dans la fosse alors qu'elle n'était pas comblée ou ne comportait que des phases de sédiment clair. Bien que cette configuration ne soit pas très logique pour des questions de solidité de l'assise, on peut imaginer que la fosse ait été creusée pour obtenir l'argile nécessaire à la construction du bas fourneau.

On pourrait s'attendre dans ce cas à nouveau à un agencement de grosses pierres dans ce comblement meuble. Celui-ci devrait également montrer une stratigraphie bien différenciée, entre un sédiment sans doute plus clair de la première phase de la fosse et le comblement sombre avec minerai grillé résultant d'un second apport, ce qui n'apparaissait pas de façon évidente dans les coupes réalisées en 1999, ni cette année dans une poursuite de la fouille de la fosse. On doit donc également écarter cette hypothèse. Par suite de l'examen de ces deux premières configurations, la fosse n'est donc pas antérieure à la mise en place du bâtiment.

3) Il paraît inconcevable que la fosse ait été creusée autour du poteau alors que celui-ci était en place. On doit donc en conclure que son creusement a été réalisé suite à un remaniement de la construction ou bien alors que le bâtiment était déjà effondré ou démonté. On n'observe pas de fosses de calage multiple dans notre cas, et l'agencement des blocs de granit dans le trou de poteau est très propre. On peut donc penser qu'il ne s'agit pas d'un remaniement du bâtiment.

4) La fosse a été creusée après la chute du poteau et donc *a priori* à l'abandon de la construction ou au cours d'une phase ultérieure à celui-ci.

L'étude céramique (supra) ne révèle pas de hiatus entre les éléments céramique de la couche charbonneuse qui recouvrait l'ensemble de la fosse, ceux qui accompagnent le minerai grillé et le tesson trouvé tout au fond du calage TP 1219, qui appartiennent tous à l'intervalle chronologique compris entre la deuxième moitié du II^{ème} s. et le début du III^{ème} s., sans plus de précision. Le creusement de la fosse se situe donc vraisemblablement à une période proche ou contemporaine de l'abandon de la construction n° 1 ; cela pourrait s'appliquer également à la construction n° 2, qui semble avoir conservé la ligne de poteau sud, peut-être parce qu'elle était encore en bon état. L'autre hypothèse, ainsi qu'on l'a vu serait que la deuxième construction s'arrête vers le sud à la ligne TP 1215-1415, ce qui mettrait la fosse à minerai F1205 à l'écart du bâtiment, ou sous un auvent, mais avec la difficulté d'une carence en poteau porteurs entre ces deux extrêmes.

La fosse F1205 semble se prolonger vers l'est, mais de manière moins profonde, tout en ne contenant que localement du matériel charbonneux et des blocs de minerai grillé. Le lien entre les parties se situant à l'est et à l'ouest du long fossé sécant F1500 n'a pas été établi. Il nécessiterait une coupe transversale à ce dernier.

Cette extension probable de la fosse vers l'est accueille le trou de poteau TP 1217. La coupe stratigraphique n'indique pas là non plus qu'il ait été creusé au travers des couches supérieures (photos n° 33 et 34). Situé en bordure du fossé F1500, il est recouvert par le comblement de ce dernier dans sa partie supérieure. Cependant le niveau sous-jacent, fait de grands charbons de bois plats, de minerai en bloc et en poudre, s'en distingue nettement. Il correspond à la couche US 1204 qui recouvrait la fosse F1205, dans sa partie est (vue essentiellement en 1999).

La fouille montre que le grand fossé F 1500 recoupe la fosse F1205, ce qui indique que celle-ci est antérieure à ce dernier. La fosse F1205 ayant été aménagée suite à la cessation de l'activité, qui a pu s'accompagner d'un nettoyage du site, on a pu vouloir enlever un amas de minerai de minerai grillé se trouvant sur place, qui a pu combler la partie supérieure du calage.

On note aussi la présence de nombreux blocs non broyés de minerai grillé de toutes tailles dans le calage 1212, ce qui tend à conforter l'existence d'une aire de stockage sans doute en partie abritée dans cette zone (photos n° 35 et 36).

3.2.2 Zone de minerai grillé A4

La partie occidentale de cette zone à minerai grillé pulvérulent avait été mise au jour en 1999 et désignée sous le nom d'aire A4 (fig. 9). Elle est traversée par le fossé 1500 et se trouve en contact avec la fosse 1205.

Les résidus poussiéreux de minerai grillé forment une fine couche, dont la fouille a permis de préciser l'emprise, notamment vers le nord (fig. 11). Elle paraît bien correspondre à un secteur où l'on stockait et broyait le minerai après que celui-ci ait subi une étape de grillage dans un foyer. Aucune structure de combustion correspondant à ce type d'opération n'a pour l'instant été reconnue.

La partie sud de ce secteur est très riche en charbon de bois. Il pourrait s'agir de résidus carbonés liés justement à cette opération de grillage du minerai, mais ce pourrait aussi être une réserve de combustible pour le bas fourneau.

Il convient de noter également l'existence en rejets dans la fosse F1402, des meules de broyage L4 et L6 dans la fosse F1402 au nord-est du bâtiment, dont le comblement d'un seul tenant paraît bien résulter aussi d'une évacuation des matériaux au moment de l'abandon du site métallurgique (*supra*).

Si les foyers de grillage du minerai n'ont pas été identifiés, on peut penser d'après les témoins et structures précédemment décrites et en se référant aussi à la répartition des nombreux blocs de minerai montrant différents stades de grillage trouvés en prospection dans ce secteur, qu'ils puissent se situer hors du sondage S1, sans doute encore plus à l'est du bâtiment, dans la partie de la parcelle non cultivée, qui longe le fossé de drainage moderne, voire même dans la parcelle située de l'autre côté de ru canalisé.

3.3 LE BAS FOURNEAU

3.3.1 Dimensions

La section horizontale du four montre l'existence de différents états du four (photo n° 37, fig. 12). En première approche, on peut distinguer successivement et de façon radiale, de l'extérieur vers l'intérieur de l'appareil : l'auréole de rubéfaction, une couronne de moellons orange, une première série de parois concentriques grises et blanches concentriques, quelques témoins d'un parement de pierres verticales partiellement aperçu en 1999, une seconde série de parois grises et blanches en couronne, et enfin la forme interne de l'épaisse paroi scoriacée en forme de cuvette peu profonde, à revêtement violacé, surtout présente en secteur sud-est, qui nous montre le dernier état de fonctionnement du four. La succession latérale de parois de four en couronnes plus ou moins disjointes témoigne de l'utilisation multiple du four. On observe au moins 5 assises claires intercalaires. Il est évident que l'existence de réfections qui mettraient en œuvre un démontage de parois antérieures est pratiquement impossible à prouver et que seuls un nombre limité de réfections identifiables nous est parvenu.

Le four ne contenait pas de scorie piégée qui aurait pu encore adhérer à la dernière paroi. Ceci pourrait indiquer qu'il ait été nettoyé avant abandon. On notera cependant qu'un gros fragment de paroi très scoriacée, ayant certainement flué sous l'effet d'une chaleur excessive formait une sorte de « verrue » en relief par rapport aux contours internes du four et l'on peut considérer par suite que le four n'avait pas été préparé en prévision d'une nouvelle opération.

L'extension extrême de l'auréole de rubéfaction quant à elle, globalement circulaire, atteint un diamètre de **1,60 m**. La couronne de parois orangée du « **1^{er} four** » est surtout visible dans la partie nord du four. De forme pseudo-circulaire, approchant une forme de fer à cheval, son contour interne, n'est pas toujours facile à suivre en coupe horizontale. Il conduit à un **diamètre interne compris** entre 1,42 m et 1,56 m, soit un pseudo-diamètre moyen de **1,47 m**.

La tranchée de sondage pratiquée au travers des parois correspondant à des états postérieurs du four a permis de vérifier son existence à un niveau inférieur (fig. 13). Le diamètre est encore de 1,33 m à la hauteur de l'observation réalisée, dans une zone qui tend à se refermer. L'allure pseudo-circulaire du four est en grande partie tronquée du côté de la porte. On enregistre dans la direction perpendiculaire à la précédente, selon l'axe de la grande coupe longitudinale de la fouille, une flèche de 60 cm.

L'épaisseur de la paroi cuite blanche qui vient s'appuyer sur cette couronne de moellons orange est de **8 cm**. La discontinuité entre les deux surfaces conduit à penser qu'il s'agit déjà d'un rechapage du four dans son 1^{er} état. Les dimensions tout à fait conséquentes de ce « 1^{er} four » le classe dans la **catégorie des très grands fours**.

Dans son état final, sa dimension interne la plus conséquente correspondant à son empâtement nord-sud, qui n'atteint plus qu'une valeur comprise entre **75 et 80 cm**, au niveau d'arasement observé.

Du point de vue technique le four a donc connu un remaniement majeur, qui se traduit vraisemblablement par un fonctionnement avec un meilleur rendement dans un four plus petit, plus facile à chauffer, mais pas forcément plus facile à conduire. Il s'est rétréci ensuite au fil des réfections successives ou bien de manière volontaire, peut-être pour accueillir des charges plus faibles, correspondant à une modification quantitative ou qualitative (masses de fer moins volumineuses par exemple) de la demande.

Le dégagement de couches situées sous le fond du creuset du four dans son état final laissait apparaître, en 1999, un comblement de la structure dans un stade plus ancien, dont on ne connaissait pas la profondeur. Des pierres sous-jacentes de grande taille venaient bloquer cette reconnaissance. La tranchée pratiquée dans la partie nord du four au cours de cette nouvelle opération, montre que le four initial est encore plus profond que ce permettait d'envisager ce blocage de pierre. Celles-ci sont incluses dans un comblement mêlant parois de four épaisses et disloquées, terre sombre, sédiment carmin... (fig. 13). La fouille a permis d'atteindre l'assise la plus profonde du four, faite d'argile ocre-orange peu cuite, disposée au contact du substrat (photo n° 38).

La différence de hauteur entre le niveau de sol correspondant à l'arasement du four et le sommet du radier pénétrant au fond du four donne une idée de la **hauteur minimale** de la cuve du four initial. Elle a ainsi pu être estimée à **55 cm**.

L'opération de 2011 a permis de prouver l'existence, jusque là seulement supposée, d'un radier permettant de drainer la cuve du bas fourneau, et qui sera décrit plus loin. Celui-ci n'est pas réalisé à partir de gros blocs, à ce niveau, mais à l'aide d'un agencement soigné de petites pierres et de fragments de parois d'argile cuite assez planes et peu épaisses.

En ce point, l'épaisseur du radier n'est plus que de 3 cm. La profondeur du creusement qui a été réalisé pour aménager le four est donc au minimum de 58 cm.

Le radier s'interrompt avant d'atteindre la paroi est du four initial, peut-être suite à des remaniements ultérieurs. Le comblement à ce niveau est très hétérogène (parois, pierre, encroûtement ferrugineux brun, couche carmin...). Il semble que l'on ait simplement voulu combler le four initial avec les matériaux disponibles sur place, pour en réduire le volume. Dans l'espace étroit fouillé, on n'a pas observé de vestige de couche montrant un lutage soigné du fond du creuset au dessus du radier.

Le fond du four est donc directement en contact avec le radier. Ceci apparaît par ailleurs logique, si l'on souhaite qu'aucune couche d'argile ne vienne empêcher l'évacuation de l'eau.

On ne constate pas non plus de niveau complètement charbonneux, comme c'est souvent le cas dans ce type de situation. Le four pourrait avoir été nettoyé au cours de ces premiers stades d'utilisation, en particulier avant sa transformation.

Le substrat intact apparaît sous un niveau argileux rubéfié de 3 cm également. Cette faible épaisseur de rubéfaction tend à montrer que le fond du four n'était pas très chaud à cette profondeur, qu'il s'agisse de son 1^{er} état ou bien des états successifs qui ont suivi. Ceci n'a rien d'étonnant surtout si sa cuve est haute. Des mesures inférieures ou égales à 100 °C, ont pu être mesurées en expérimentation dans de telles circonstances (Vivet *in* Garçon et alii, 2006).

3.3.2 Enrochement constituant un parement du four

Une question importante intéressant le phasage du four abordée en 1999 demandait une vérification plus complète. Au niveau de l’affleurement supérieur des parois du four, on observait la présence de plusieurs pierres venant s’intercaler entre la couronne de moellons orange et les assises blanches et grises épousant la forme du four dans son état final. Il s’agissait donc de s’assurer de l’existence d’une modification majeure étant intervenue dans l’architecture du four.

Une coupe verticale radiale a été pratiquée dans la partie nord de la paroi du four. Elle montre clairement la mise en place de pierres allongées, positionnées de façon verticale ou légèrement oblique dans cet intervalle et colmatées avec une argile à dominante jaune-ocre, mêlée de sédiment blanc et rosé (photo n° 38, fig. 13).

Une paroi de four blanchâtre, encore en place derrière cet agencement de pierres, a été mise au jour au contact de la paroi externe de moellons orange. Cette découverte montre clairement que la couronne orange ne résulte pas d’une rubéfaction qui serait due à la mise en chauffe de la partie de four plus réduite, située à l’intérieur du parement de pierre. On observe également que ni les pierres intercalaires, ni l’argile interstitielle ne présente de rubéfaction marquée. Le four a donc bien connu un stade de fonctionnement antérieur, mettant ainsi en œuvre un appareil de fortes dimensions.

3.4 FOSSE DE TRAVAIL FT1

3.4.1 Délimitation - accès à la fosse de travail

L’emprise de la moitié nord de la fosse de travail FT1 a été en grande partie reconnue en 1999 (photo n° 40, fig. 12).

Si la vue en plan laisse apparaître une certaine symétrie par rapport à l’axe d’accès à la porte du four, le creusement de ces deux parties ne l’est pas vraiment. Il n’en demeure pas moins vrai que, en section horizontale, la fosse de travail s’ouvre largement à partir du four avec un angle proche de 75 °. La partie ‘amont’, côté four, est marquée par un encadrement de pierres verticales. Celui-ci s’interrompt à hauteur des poteaux du bâtiment. La fouille de la fosse de travail n’a pas été totalement achevée vers le sud-ouest, mais on n’enregistre pas de limite précise de cette partie ‘aval’. On note simplement la présence de blocs de pierres importantes, mais discontinues, appartenant à différents niveaux stratigraphiques, formant une sorte de ligne parallèle à l’axe des poteaux ouest du bâtiment. Cette disposition de pierres qui paraissent avoir des fonctions variées (protection de fosse réceptacle d’eau, de drains, poste de travail, ...) semble résulter essentiellement de la différenciation qui a pu s’établir entre la partie interne de la fosse de travail, relativement abritée sous le bâtiment, et la partie externe, livrée aux intempéries.

Côté sud-ouest, on note une accumulation de grosses parois marquant la transition avec le ferrier, qui se poursuit vers l’ouest et le sud.

La moitié nord de la fosse de travail, présente un flanc vertical, au droit des pierres donnant l’apparence d’un parement pratiquement continu. Les pierres sont également présentes dans la partie

‘amont’ de la moitié sud de la fosse. Son flanc montre un dénivelé en deux plans inclinés distincts dans sa partie ‘aval’. Ainsi, dans la zone située le plus au sud-ouest, le plan supérieur est en pente relativement douce, tandis que le plan inférieur s’avère beaucoup plus incliné (photos n° 39 et 40).

Immédiatement après les blocs de pierre latéraux, on observe un décrochement vers le sud du contour supérieur de la fosse de travail en direction du poteau 1215. Les abords ouest et sud de ce diverticule sont soulignés par des masses d’argile très blanches. Le comblement de cette partie en retrait est marron, hétérogène et celui-ci forme une sorte de méplat. Ce petit secteur assez quadrangulaire longe la face sud du bâtiment et le bord nord de celui-ci se situe pratiquement à l’aplomb de la façade sud, voire même légèrement à l’intérieur de celle-ci. Cette disposition paraît bien signaler un accès permettant de descendre dans la fosse de travail lorsqu’on vient de l’extérieur.

On notera que dans les dernières phases de travail, le gros bloc de dolérite reposant à plat et faisant face à la masse de grandes pierres située entre le poteau 1220 et le four, a pu participer à la délimitation de cette entrée dans la fosse de travail.

3.4.2 Parement de la fosse de travail

L’accumulation de très grosses pierres à l’extrémité sud-ouest de la paroi du four, au bord de la fosse de travail, participe en partie à ce parement ; leur abondance à cet endroit pose question. Pas plus qu’en 1999, cet ensemble n’a permis d’y reconnaître un véritable calage (à moins qu’il s’agisse d’un blocage de poteau ancré faiblement dans le sol, ce qui semble peu probable). L’hypothèse, que cette structure participe au maintien d’un soufflet de grande taille, qui avait été émise alors, reste recevable, mais sans argument sérieux pour le démontrer. On constate simplement que la disposition des pierres ménage un espace en léger creux en son sein, susceptible d’accueillir un tel appareil. On note cependant que les orifices de soufflage mis au jour sur les fours de l’atelier de Roche Brune sont disposés plus au droit du four, ce qui impliquerait un renvoi anguleux du trajet des ‘vents’. Ceci apparaît donc comme peu satisfaisant.

Plusieurs pierres volumineuses, se situant à la limite du labour, se sont trouvées déplacées entre les deux campagnes de fouilles, mais leur logement a été retrouvé en 2011. Cet ensemble s’inscrit en continuité avec le parement du four. Il semble plus logique de penser que ces pierres appartiennent simplement au parement de la fosse de travail dont la partie supérieure a pu s’affaisser.

En symétrie par rapport à l’axe four-fosse de travail, cette profusion de gros blocs pierreux agencés, trouve en quelque sorte son pendant du côté nord. De grosses pierres accumulées verticalement sont notamment apparues progressivement lors de la réalisation de la tranchée qui pénètre dans le four (photo n° 37 et 39, fig. 12 à 14).

Ces pierres massives verticales rencontrées à cet endroit rappellent quelque peu celles qui ont été mises au jour dans l’espace d’accès des bas fourneaux du site de Roche Brune à Sillé le Guillaume, interprétées comme des sortes de « pieds-droits » matérialisant l’entrée du four (Sarreste, 2008).

A Pilleverte, le parement de pierre s’ouvre de chaque côté, tout en se poursuivant en direction des poteaux du bâtiment et s’arrête à hauteur de ceux-ci. Pour le flanc nord, ce parement fait la jonction avec le calage très puissant du poteau 1312. Le flanc sud s’avère quant à lui différent, du fait que les calages de poteau se trouvaient ensevelis sous une énorme masse de parois de four ; on ne rencontre pas de pierres constitutives de ces calages en continuité et à l’aplomb de ces derniers dans la stratigraphie de la fosse.

De ce fait on peut opérer une distinction entre les pierres participant à la délimitation du flanc de la fosse, à mettre en relation avec les gros blocs faisant office de « pied-droit » en partie sud de l'ouverture de la fosse, et l'ensemble de grosses pierres affleurant au niveau du sol extérieur. Cette considération permet de proposer une explication complémentaire à cet ensemble décrit précédemment, qui pourrait alors provenir, au moins partiellement, du démantèlement des calages 1220 et/ou 1221, évoqué dans la partie concernant le comblement de FT1 qui suit.

3.4.3 Comblement de la fosse de travail

Fouillée en 1999, le comblement de la moitié nord de la fosse de travail a déjà été abondamment décrit. La coupe stratigraphique a été nettoyée à nouveau et permet une meilleure lisibilité grâce notamment à de nouveaux clichés numériques (photo n° 41, 42, fig. 15 a).

La moitié sud de la fosse, qui avait été conservée, révèle, quant à elle, un comblement très différent de celui de la moitié nord. Les deux tiers supérieurs de ce dernier sont faits très majoritairement de parois de four souvent de grandes dimensions, au sein desquelles on rencontre quelques très grosses scories de fond de four. Cet ensemble repose en partie dans FT1 sur un lit de scories en plaquettes, qui surmonte à son tour une série de niveaux carmin. Ces derniers peuvent être mis en connexion avec ceux de la moitié nord.

L'étendue du niveau massif de parois supérieur correspond à l'aire A3, déjà observée en 1999. L'inclinaison des couches montre que cette accumulation de parois de four est venue combler la moitié sud de la fosse de travail. On peut donc penser que les métallurgistes devaient évacuer les parois de four venant des travaux de réfection ou/et démontage de la porte du four (en témoignent les scories arrachées aux parois de la cuve) et les mettre en tas au sud de la fosse de travail. Au fil du temps le monticule de blocs d'argile scoriacé, sans cesse plus volumineux, est venu glisser en partie dans la structure en creux.

Dans l'état final de fonctionnement de l'installation, qui nous est parvenu, les calages des poteaux 1220 et 1221 étaient complètement recouverts par les couches de parois de four bien en place. On peut se demander dès lors, si, lors du remaniement du bâtiment, le poteau 1215, qui ne présente pas de vis-à-vis en ligne est, n'a pas été érigé dans la partie stable et haute du sol, juste en retrait du bord de la fosse, pour remplacer ou compléter les poteaux 1220 et 1221 en question, qui ne possèdent qu'une faible profondeur d'assise et qui ont du être très sollicités à l'intérieur de la fosse de travail.

Le volume des parois de four extraites du flanc sud de la fosse de travail et de ses abords, se monte à plusieurs mètres cubes (exemple : photo n° 45). Quelques grands culots de fond de bas fourneau se trouvaient mêlés à ce comblement de parois (photo n° 44).

Comme on l'a vu le pendage des couches dans la fosse de travail selon l'axe nord-sud est dissymétrique. Il est surtout très marqué dans la moitié sud (photo n° 40). Ceci correspond au mode de rejet des matériaux issus des opérations dans le bas fourneau : les parois de four, au nombre desquelles se trouvent des fragments de la 'porte' du bas fourneau, forment une forte accumulation de blocs d'argile cuite de 40 cm d'épaisseur. Les scories sont rejetées un peu plus loin vers le sud et l'ouest et forment un amas continu de plaquettes, constituant un volumineux ferrier.

De ce fait la fosse de travail s'est petit à petit comblée selon cet axe, jusqu'à la phase finale d'activité (signée au moins par le niveau continu de charbon de bois US011), où elle n'existe pratiquement plus.

3.5 STRUCTURES DE DRAINAGE DU BAS FOURNEAU

3.5.1 Canalisation en imbrices.

a) canalisation

Une canalisation en demi-lune faite d'imbrices mises bout à bout avait été identifiée en 1999 dans la partie basse de la zone de travail du bas fourneau.

La fonction de drainage était avancée, mais l'axe pris par cette ligne d'imbrices dans la moitié sud de la fosse, non fouillée, ne menait pas au bas fourneau lui-même. En envisageant que la canalisation se prolonge selon la même direction vers l'est, elle aurait dû aboutir théoriquement non pas dans le four, mais de façon tangentielle aux assises de celui-ci, sur leur pourtour sud. Cette disposition peu satisfaisante, voire problématique, laissait un doute quant à la fonction supposée de drainage du bas fourneau.

La fouille a permis de lever cette incertitude, tout en révélant l'originalité du dispositif. Le démontage des banquettes et la poursuite de l'exploration de la fosse de travail ont permis de mettre au jour une série de sept imbrices dans le prolongement l'une de l'autre (photo n° 46 et 48 ; fig. 14 a et b).

Les trois premières tuiles, côté four, suivent une trajectoire quasiment rectiligne ; la quatrième amorce une courbe arrondie vers l'ouest, dessinée par les trois dernières imbrices.

Le sondage réalisé le plus à l'ouest montre que l'on a creusé un fossé dans le fond de la fosse FT1, pour y placer la canalisation et créer le dénivelé nécessaire. Une fois les imbrices mises en place, une protection a été réalisée à l'aide de divers matériaux mis à plat, donnant l'allure d'une sorte de cheminement. Il s'agit majoritairement de plaques d'argile cuite dont l'aspect est celui de fragments de paroi de four montrant différentes couleurs de « cuisson » : brique, vert d'eau, blanc (photo n°47). D'autres éléments participent également à cet agencement : fragments de tegulae et d'imbrices, petits blocs d'argile. Des pierres et même des blocs de minerai servent au calage de la canalisation à l'intérieur du fossé.

Compte tenu de l'épaisseur, du tassement et de la forte variabilité des niveaux rencontrés, et à cause des intempéries ayant inondé ce secteur, il n'a pas été possible de dégager l'extrémité basse de la canalisation vers l'ouest. Il serait intéressant de reconnaître son tracé plus avant, afin de comprendre sa disposition vis-à-vis du petit talweg qui marque le site et sa chronologie vis-à-vis des installations importantes qui paraissent bien exister dans cette direction.

Signalons à titre de comparaison le système de drainage du four de tuilier du Biffoué à Guichen (35), mis en place au cours d'un remaniement, dont le drain de 2,20 m de long était recouvert de briques de maçonnerie au même titre que le sol vitrifié de l'alancier, entre 290 et 340 ap. J.-C. (Bardel et Jublien, 1980).

b) radier

De façon surprenante, la ligne d'imbrices s'interrompt brutalement en s'approchant du four. Elle se trouve remplacée par un radier de pierres jointives. Celui-ci court au fond de la fosse de travail tout en longeant le flanc sud de celle-ci (photo n° 46 et fig.14 b).

Ce tronçon, pratiquement linéaire, est surmonté d'un niveau granuleux, comportant de nombreux oxydes de fer. Cette couche présente en son sein une lacune de matière elle-même rectiligne et de section circulaire plus ou

moins aplatie reprenant l'axe du radier. Il pourrait s'agir d'un système de drainage postérieur à celui du radier (photo n° 49). Cependant la coïncidence entre les deux dispositifs incite à penser que la circulation d'eau dans le système sous-jacent a pu provoquer l'entraînement de matières plus ou moins fines situées au dessus et créer ainsi des espaces vides par effet de voûte.

Un examen du radier a été réalisé sur une petite portion. Contrairement aux couches très compactes qui l'entourent, la couche de pierres et fragments d'argile cuite recèlent en son sein un espace lamellaire de 1 à 4 cm d'épaisseur très humide, ayant déposé sur les blocs une fine pellicule d'argile grise témoignant du transport de fines par l'eau. Soumis aux intempéries subies pendant la période de fouille, il se révèle encore tout à fait fonctionnel, le secteur du bas fourneau restant toujours à l'écart des accumulations d'eau. Le ruissellement vient se rassembler dans les tronçons aval de la canalisation en imbrices.

A 1 m du four, le radier bifurque brusquement en direction du nord-est (à 45° environ), tout en s'élargissant. Il vire ensuite de nouveau à 45 ° vers l'est en direction du centre du four. Le témoin stratigraphique conservé dans la moitié sud du four dissimule l'étendue du radier dans cette direction. La moitié nord qui a été fouillée, indique quant à elle clairement que le radier s'engage à la base même du bas fourneau.

3.5.2 Dispositifs de drainage en matière périssable et fosse réceptacle.

D'autres dispositifs d'évacuation de l'eau avaient été partiellement découverts en 1999. Après un départ évasé près de l'entrée du four, l'espace lacunaire qui avait mis au jour prend une forme cylindrique au sein d'une couche indurée de couleur carmin/violet. Cet aspect incitait déjà en 1999 à y voir l'existence de tuyaux en matière périssable, très probablement en bois, possiblement reliés par des frettes. La fouille a permis de dégager la suite de ce conduit (n°1) vers l'ouest (photo n° 50 ; fig. 14 a). Celui-ci aboutit, à 3 m environ du four, en partie inférieure de l'aire de travail, dans l'angle d'une fosse à l'allure pseudo rectangulaire (Fr1), qui vient recueillir l'eau.

Les dimensions de celle-ci n'ont pas pu être reconnues vers le nord et l'ouest. Sa profondeur est proche de 50 cm dans la partie dégagée. De grandes pierres posées à plat surmontaient celle-ci. Bien que situées à un niveau de comblement supérieur à la surface de la fosse en question, elles ont très probablement dû servir un moment donné à éviter que celle-ci ne se remplisse de terre et de rejets métallurgiques. C'est également le cas de quelques pierres et de deux tegulae situées à deux niveaux différents au-dessus du conduit, mais précisément dans son axe, qui viennent protéger localement le tuyau de bois.

Le témoin d'un autre conduit (n°2) situé au-dessus de la partie évasée amont du système de drainage précédent était encore présent dans la berne transversale de 1999. Bien que situé à une dizaine de centimètres au dessus, son axe reprend précisément celui du dispositif antérieur.

Un troisième conduit (n°3) possible se situe dans les niveaux supérieurs de la 2^{ème} banquette transversale (sud), le long de la grande coupe longitudinale partageant la fosse de travail en deux. Le tracé reprend cette fois celui du radier initial avec canalisation d'imbrices, à environ 30 cm au dessus de ce dernier (fig. 14 a).

Le fond des évidements cylindriques se situe dans un niveau induré qui surmonte le substrat marquant le fond de la fosse de travail. L'installation de ces tuyaux d'évacuation remonte donc à une période postérieure à celle du radier avec canalisation en imbrices. Ceci montre d'une part que la fosse de travail s'est comblée progressivement, et d'autre part que le premier système de drainage n'était alors plus suffisant ou était colmaté.

3.5.3 Autres structures de drainage

D'autres espaces vides à effet de voûte ont été repérés au sein du comblement dans les différentes parties de la fosse de travail.

Du fait de leur extension très limitée (15 à 30 cm), il n'est pas sûr que l'on puisse en l'état leur attribuer une véritable fonction de drainage, à moins que des effondrements soient intervenus, empêchant d'apprécier leur nature.

L'un d'entre eux est localisé dans le petit sondage réalisé à l'ouest de la fosse de travail FT1 (fig. 14 a et b) ; l'axe nord-sud, de cet évidement limité se situe au niveau du substrat, sans pierre ou paroi justifiant un effet de voûte. Le fond de la structure présente une légère dépression sombre à oxydes de fer et montre un petit agencement de pierres en arc de cercle à l'emplacement où il débouche.

Le dégagement total de la zone ouest de la fosse de travail permettrait certainement de mieux comprendre ces anomalies, notamment en vérifiant l'extension de la fosse réceptacle des ruissellements.

3.5.4 Drainage du four et bâtiment

L'écoulement de la scorie hors du four nécessite un dénivelé minimum en contrebas de l'appareil. Le terrain ne présentant pas de relief marqué, le choix a été fait de creuser une fosse de travail dans la zone d'ouverture du four. Celle-ci facilite en outre l'extraction des masses de réduction brutes (loupes) et des scories adhérant aux parois, ainsi que la réfection de la porte et de la cuve. Il est quelque peu étonnant que cette zone ne soit pas abritée des intempéries. De fait, elle a visiblement nécessité l'aménagement de drainages à plusieurs reprises. Enfoui sous le fond de la fosse de travail, le premier dispositif, comportant une canalisation d'imbrices a été prévu, quant à lui, dès le départ.

La présence de ces aménagements signifie par suite que la façade ouest était ouverte à cet endroit. Ainsi qu'on l'a vu, il ne devait pas y avoir de cloison au moins entre les poteaux 1312 et 1221, et sans doute même sur tout le pan ouest de la partie de bâtiment affectée au bas fourneau entre le poteau 1360 et le poteau 1210, angle sud du bâtiment.

Si la pluie n'est pas forcément très préjudiciable aux opérations de réduction, tant que le bas fourneau est en fonctionnement, il en va tout autrement, lorsqu'il s'agit de remettre en route l'appareil. L'existence des dispositifs de drainage décrits précédemment pose la question des périodes de fonctionnement et des périodes de vacance de l'activité de production métallurgique du site.

4. ATELIER D'EPURATION

A la suite du décapage, une couche très charbonneuse (fig.16) contenant des scories de réduction en grand nombre (US 1301) recouvrait toute la moitié nord du bâtiment sur poteaux à l'exception des angles nord-ouest (Aire 1370) et nord-est (Aire 1371). Celle-ci se poursuit également hors de celui-ci vers le nord. Ce niveau de surface ne montre pas de discontinuité franche vers le sud ouest, hormis une plus grande hétérogénéité et un accroissement de la quantité de scories de réduction à mesure que l'on se rapproche de l'aire de réduction et du ferrier associé. Les angles du bâtiment précités livrent des espaces libres de toute structure, qui prennent directement l'aspect du substrat limoneux jaune clair US 1209. L'espace entre ces deux zones est excavé, la profondeur la plus importante se situant pratiquement dans l'axe central du bâtiment. Un bourrelet d'argile comportant des trous de piquet et reliant les deux angles vierges ferme l'espace de l'atelier selon la direction de la ligne de poteaux nord, un peu en deçà de celle-ci, côté sud.

L'espace excavé d'axe sud-nord se poursuit vers le nord de l'autre côté de ce petit talus d'argile (Aire 1375). De ce fait on peut penser qu'il existait un accès à ce niveau ; ce cheminement est lui-même excavé. La disposition rencontrée suggère qu'il ait été fermé à un moment donné par l'adjonction d'une masse d'argile et la pose d'une cloison en clayonnage ou torchis.

La fouille de cette excroissance excavée au nord du bâtiment n'a pas été achevée. Les couches de sédiment sont assez semblables à celles existant à l'intérieur du bâtiment (photo n°60). Elles sont cependant plus hétérogènes, mais comportent des poches de sédiment à l'aspect ferrugineux rouille, mêlées aux scories de réduction et à des parois de four. De ce fait on peut penser que, soit ce sont des rejets de l'atelier qui ont été déversés dans ce secteur, soit une partie du travail a pu être exécutée à l'extérieur ou à l'abri d'un auvent. Une poursuite de la fouille serait nécessaire pour trancher cet aspect. L'extrémité nord de ce secteur est plus riche en scories de réduction et en argile cuite provenant de parois de four réduites en « miettes ». C'est dans ce secteur qu'a été trouvé le fragment de verre à boire V4 (fig. 38). L'extension semble s'interrompre juste un peu avant l'angle nord ouest du sondage S1. Lors de la fouille, le creusement en ce dernier point d'un drainage des eaux de pluies du chantier, a montré cependant une reprise de structures excavées juste après, en direction du nord ouest, avec notamment de grands fragments de paroi de four.

Dans les parties excavées se situant sous l'US 1301, on rencontre de nombreuses structures très imbriquées entre elles, parmi lesquelles on distingue des foyers d'aspects divers. Ceux-ci se situent à différentes hauteurs dans les niveaux de comblement de ces espaces excavés, ce qui montre que la plupart d'entre eux ont été abandonnés pendant la période de fonctionnement de l'atelier et simplement recouverts au fur et à mesure de l'activité. Certains sont en grande partie démantelés et les vestiges de foyer multiples, qui subsistent souvent de façon très lacunaire, ne sont pas toujours d'une interprétation aisée.

Du nord au sud, on rencontre les foyers manifestes suivants : STR 1334, STR 1317, STR 1333, qui sont décrits dans les pages qui suivent.

4.1 Secteurs non excavés

L'aire quadrangulaire nord-ouest 1370 et la grande zone de stockage du charbon de bois au sud est ont été précédemment décrites en même temps que le bâtiment. L'angle nord-est 1371 ne montre pas une géométrie aussi nette que l'angle nord-ouest, mais compte tenu de la position de ces deux aires non excavées, on peut

penser qu'elles s'inscrivent dans le plan d'extension très probable du bâtiment vers le nord, sans que l'on puisse actuellement préciser leur rôle.

4.2 Angle sud-est 1374 et stockage du charbon de bois

Le comblement de cette structure en creux occupant l'angle sud-est de cette partie du bâtiment, est presque exclusivement constitué de charbon de bois (photo n° 28). On peut penser de ce fait que le secteur a pu servir de stockage de charbon ainsi qu'il a été mentionné dans la description de la construction. Une forte proportion des charbons de bois est de taille pluricentimétrique et la forme des fragments de bois dont ils sont issus est reconnaissable. Plusieurs prélèvements en masse ont été réalisés pour une étude anthracologique ; une sélection de gros charbons, comportant de nombreux cernes ou susceptibles d'en comporter (section non visible), a été réalisée à des fins éventuelles de dendrochronologie. L'épaisseur de la couche de charbon de bois est de l'ordre de 30 cm à 40 cm.

La fouille du sondage d'extension nord S100 de 1999 a montré l'existence, au sein du comblement de cette partie excavée de 37 cm de profondeur, d'une couche intercalaire très indurée, ferrugineuse et encroûtée sur le côté est, qui montre qu'au moins, à un moment donné, un travail selon toute vraisemblance d'épuration, ainsi qu'il était alors évoqué, a été effectué dans ce secteur. La fouille de cette zone n'a pas été menée à terme vers le nord-est, et la fouille de la moitié ouest de sondage S100 n'a pas été reprise.

4.3 Excavation A

Ce secteur excavé correspond à une série de fosses conjointes (regroupant les fosses principales notées 1340 et 1343).

Dans l'angle sud-ouest de cette moitié nord du bâtiment, en rentrant par l'accès identifié sur la façade ouest entre les poteaux 1360 et 1361, on rencontre presque immédiatement une zone fossoyée se développant vers le nord. Cette zone excavée montre l'existence de plusieurs espaces alvéolaires au sein desquels s'inscrit pratiquement chaque fois un foyer.

Les différents niveaux de comblement de la structure fossoyée ont livré un peu plus d'une trentaine de tuyères-blocs bifides entières ou fragmentées, répartis surtout à l'est et au nord de celle-ci. La partie sud de la fosse se trouvant dans l'entrée de la partie nord du bâtiment, il est possible que celles-ci n'aient pas été déposées dans cet accès, ou bien que le piétinement ait pu les réduire pratiquement en poussière compte tenu de leur fragilité.

4.3.1 Effet de paroi.

Les structures foyères STR 1333 et STR 1361 s'interrompent juste à la limite de la ligne de poteau ouest. Cet effet de paroi suggère une nouvelle fois l'existence d'une cloison sur cette façade du bâtiment. S'agissant de foyers, se pose la question de l'emploi de torchis ou d'adobe, à la place du bois, pour limiter les risques d'incendie.

4.3.2 Foyer STR 1341

Cette structure s'inscrit dans une sorte d'alvéole creusée dans le substrat à partir de la fosse principale 1340. Elle se compose d'une masse d'argile blanche reposant sur une couche de scories et encroûtements ferrugineux, noyés au sein d'une couche extrêmement charbonneuse (photo n° 58). On note la présence de quelques pierres brûlées en bordure inférieure de la masse d'argile blanche. Cette disposition d'ensemble, qui s'accompagne

d'une croûte ferrugineuse, paraît bien constituer un foyer destiné au travail du métal. On peut se demander si la présence d'argile blanche ne pourrait pas provenir d'un effondrement sur lui-même d'un aménagement argileux du foyer sur lui-même, peu cuit.

Les niveaux situés à l'est de STR 1341 contenaient également une demi-douzaine de tuyères-bloc bifides (TBF 4,5,6,17,23,54)

4.3.4 Foyer STR 1342

Une autre alvéole plus importante en taille située pratiquement à l'entrée de cette partie nord du bâtiment accueille un ensemble de couches différenciées, qui renvoient également à une structure foyère (photo n° 58).

Dans la partie supérieure du comblement, au sein d'une masse d'argile gris clair à l'aspect très cendreuse on rencontre une série de fragments importants de tegulae reposant à plat, côté rebord vers la Terre. Compte tenu de leur position, du sédiment dans lequel elles s'insèrent, il est possible qu'elles aient pu servir de support pour un foyer ou bien participer à la structure foyère.

Toutes les tegulae ne portent pas de stigmates évident de chauffe très prononcée, à l'exception d'un exemplaire rejeté en contrebas de la structure 1341, dans le devers entre les deux alvéoles, à 50 cm de là vers le nord. Cette tegula a pris une couleur complètement grise et se trouve totalement déformée. Elle ne présente pas de traces de fusion, mais l'élévation de température a provoqué des fractures parallèles, et sous l'effet des contraintes thermiques, elle s'est fortement arquée.

La couche sous-jacente présente l'aspect rouille caractéristique des opérations de post-réduction. L'environnement de la structure est à nouveau très charbonneux.

Une dizaine de tuyères-bloc bifides a été mise au jour dans ces niveaux : TBF 7, 8,9,10,11,12,13,14,15,16.

4.3.5 Structure STR 1361

On retrouve à nouveau un placage d'argile blanche au voisinage du poteau d'entrée TP 1361 (photo n° 58). Celui repose à nouveau sur une couche marron à scories ferrugineuses qu'accompagnent des résidus d'argile de couleur saumon, dans un environnement charbonneux. Il s'agit sans doute peut-être des vestiges d'un foyer, mais il est difficile d'être très affirmatif, en raison notamment, de sa forme peu nette, de sa grande proximité par rapport au poteau TP 1361net par rapport à l'entrée. Il peut s'agit également d'une extension vers l'ouest du foyer précédent STR 1342.

4.3.6 Foyer STR 1333

Il se présente sous la forme d'une épaisse masse d'argile blanche, décolorée par une atmosphère réductrice, pouvant localement comporter une teinte rose suite à un effet de rubéfaction des oxydes (photo n° 59). Cette plaque repose une couche de scories ferrugineuses de couleur rouille très conséquente, qui s'étend vers le nord-est. L'ensemble surmonte lui-même un niveau très fourni en charbons de bois.

Ce placage d'argile blanche supérieur présente un profil en forme de cuvette peu prononcée. Une poche charbonneuse, qui reposait sur celle-ci a fait l'objet d'un prélèvement en masse.

L'ensemble constitue un foyer aux contours peu géométriques, légèrement oblong, s'inscrivant dans un carré de 60 cm de côté. Il ne présente pas de parois latérales verticales en argile cuite, comme on peut l'observer habituellement sur ce type de structure.

Plus d'une vingtaine de tuyères-blocs bifides gisaient au pied de la structure : TBF 26, 29, 41, 42, 89 à 106 (photo n° 59).

4.4 Excavation B

L'excavation B comporte deux espaces en fosse jointifs dénommés fosses 1360 et 1350, auxquels on peut adjoindre un petit espace moins profond adjacent dénommé STR 1375 (photo n° 57, fig. 16 et 18). La description reprend l'ensemble des structures du sud vers le nord.

4.4.1 Fosse 1360

a) foyer STR 1344

Ce lambeau d'argile cuite blanche repose sur l'US 1323, très charbonneuse et indurée, qui recouvre elle-même le fond de la fosse (photos n° 60 et 61). Des traces de rubéfaction et une poche de sédiment de couleur rouille sont visibles dans une petite zone située en partie nord de la structure. La partie centrale de celle-ci est très perturbée, et comporte surtout des couches très charbonneuses. L'ensemble de ces éléments incite à y voir le reliquat d'un foyer métallurgique, en grande partie démantelé.

b) foyer STR 1348

Ce foyer se présente sous la forme d'un aménagement anthropique de pierres (granite, granite brûlé, et dolérite) peu organisé, qui jouxte le foyer 1317, dont la description suit (photos n° 60). Des reliquats d'argile blanche, localement teintée en rose occupent le centre de la structure. Une forte rubéfaction du sol marque le pourtour nord-ouest et marque son emprise. L'ensemble était surmonté d'une couche en auréole comportant une forte proportion de blocs d'argile cuite informes également non organisés, au sein d'un niveau charbonneux (photo n° 61)

Les résidus d'argile blanche reposent au centre de l'aire, sur une couche extrêmement charbonneuse, et, en périphérie, sur des couches de couleur rouille à scories de post-réduction, très chargées en oxydes de fer.

c) foyer STR 1317

Le foyer particulièrement remarquable 1317 est au cœur de la fosse 1360 (photos n° 62 et 63). Il se présente sous la forme d'un gros bloc de granite arrondi, particulièrement rubéfié sous l'action de la chaleur et bien calé. Un entourage de pierres diverses vient ceindre le granite. Il s'agit de 3 autres pierres granitiques plus petites, arrondies également, et placées de façon jointive sur le bord nord du bloc central. Les autres pierres d'aspect grisâtre sont le plus souvent à section quadrangulaire et ont également été disposées soigneusement au bord du gros bloc, en particulier sur son contour sud. Une bonne partie d'entre elles a subi une forte chauffe, ce qui indique l'extension de l'aire fonctionnelle du foyer.

Le foyer a été mis au jour au sein d'un niveau sombre contenant des micro-charbons et des scories de réduction et de post-réduction. Il repose sur une couche de couleur rouille contenant des scories et de nombreux oxydes de fer. Dans sa partie supérieure, cette grande auréole de sédiment de couleur rouille (US 1325) s'étend plus particulièrement vers le sud à partir du niveau supérieur de la pierre centrale (photos n° 61 et 62).

Curieusement, on ne recense pas de tuyère-bloc bifide dans le comblement de la fosse 1360.

4.4.2 Diverticule 1375 et masse d'argile quadrangulaire 1316.

En marge des fosses 1360 et 1350, au droit de celles-ci vers l'est, on trouve une petite zone moyennement excavée, formant une petite plate-forme en soubassement. Emergeant à peine de celle-ci, comme s'il est y était incrustée, et reposant à plat, on distingue une masse d'argile cuite claire, légèrement rosée. Sa forme en plan très quadrangulaire, a pour dimensions : 40 x 50 cm (fig. 18, photo n° 61, au fond). Elle fait penser à une paroi de four dont l'argile se serait décomposée. L'environnement peu charbonneux et peu riche en scories ne permet pas d'y voir de façon formelle un foyer. Néanmoins sa position et sa forme particulière semblent indiquer un rôle de support pour un poste de travail (pierre, billot...).

4.4.3 Fosse 1350

a) fosse 1350

Tout au nord de l'aire abritée, on rencontre une fosse centrée sur l'axe longitudinal du bâtiment, limitée au nord par le monticule argileux à trous de piquets, et au sud par la fosse précédente comportant les foyers STR 1317 et STR 1348. Le talus d'argile jaune est recouvert par la couche noire US 1301. Un liseré jaune et rouge, rectiligne, court selon la direction est-ouest et vient scinder le comblement noir à hauteur de la chute du talus sur son flanc sud (photo n° 63). Une bande de sédiment noir très charbonneux jouxte ce liseré coloré ; cet ensemble d'éléments paraissent témoigner de l'existence d'une cloison à cet endroit, ainsi qu'on a déjà pu le mentionner.

b) foyer STR 1334

La fosse 1350 accueille un foyer (STR 1334), qui se situe à environ 30 cm sous le niveau de décapage (US 1301), constitué d'une plaque d'argile blanche cuite étendue et massive, semblable à celle du foyer STR 1333 et présentant également des traces de rubéfaction (photo n° 61).

Il se trouve confiné vers le nord par deux gros blocs de granite « brûlé ». Ces derniers sont positionnés sur le talus limitrophe qui ferme le corridor excavé et qui reçoit probablement une paroi en torchis. Au pied de ces deux pierres la surface supérieure de la plaque change de consistance tout en conservant la même hauteur. A l'argile blanche se substitue un sédiment mêlé intégrant argile blanche, charbons de bois, argile brune et cendres.

Dans le prolongement sud de cette poche, le placage d'argile blanche montre une échancrure. On serait tenté, compte tenu de la fermeture de l'espace vers le nord, d'y voir l'emplacement d'un soufflet.

Sur le flanc ouest de la fosse 1350 une petite fosse semblable à un trou de poteau sans calage pourrait accueillir un billot pour le travail du métal. Le foyer se trouve placé au sein d'une couche marron meuble contenant charbons, scories et fragments de tegulae.

La structure STR 1334 a été laissée en réserve pour une fouille ultérieure. Dans la coupe est de la structure, on observe au moins une tuyère-bloc bifide sous le foyer, qui n'a pas été prélevée.

c) comblement sud de la fosse

Dans sa partie nord, le comblement de la fosse correspond à l'US 1324, couche charbonneuse avec scories « oxydées » (à l'aspect d'amalgame rouille ou comportant des accrochages d'oxydes de fer de même couleur) et parois d'argile cuite, qui repose sur l'US 1323, couche charbonneuse à oxydes de fer indurée, elle-même en contact avec le substrat.

La couche charbonneuse qui comble la partie sud de la fosse et enveloppe cet ensemble dans ce secteur a livré une demi-douzaine de tuyères du même type : TBF 24, 47, 48, 49, 50, 86.

4.5 Aire 1374

L'aire en question correspond à l'espace compris entre la fosse 1340/1343 et l'angle nord-ouest du bâtiment vierge de structures. Cette aire, plus légèrement excavée, livre peu de structures.

a) amas d'argile cuite orangé STR 1319

Dans le sud de ce secteur est apparu, sous le niveau général charbonneux de transition US 1301, un amas de parois de four, en grande parties décomposées, apparaissant sous la forme d'une grande tache colorée.

Ce dépôt d'argile cuite très hétérogène à petits moellons orangés ne représente en fait qu'une lentille de 10 cm d'épaisseur. On notera cependant l'existence en son sein d'une échancrure en partie quadrangulaire pourrait correspondre à l'emplacement d'un billot par exemple, à moins qu'il s'agisse d'une 'réserve' liée à l'existence du poteau proche (photo n° 60).

Elle s'inscrit dans une couche très charbonneuse (US 1326), plus particulièrement au nord et à l'ouest. Au sein de cette couche et au même niveau ont été découverts de très nombreuses tuyères-blocs bifides autour de la structure, dans les secteurs ouest et sud seulement (fig. 19, photo n° 64).

Une couche très charbonneuse et meuble comportant de gros charbons de bois reposait sur le sol du substrat. Elle témoigne peut-être d'une seconde aire de stockage du combustible. Sous cette couche on rencontre le substrat sous la forme d'une aire plane moyennement excavée, dont la paroi ouest suit précisément la ligne de poteaux correspondante (photo n° 65).

b) trous de piquets

Ce secteur est marqué par un certain nombre de trous de piquets (photos n° 65 et 66), dont le plan n'est pas évident, ni tout à fait assuré, compte tenu de la difficulté à distinguer certaines fois ces derniers de ceux réalisés par les animaux fouisseurs (taupes). Ces trous de piquets pourraient renvoyer à une installation de travail ou de stockage en élévation, dont la fonction pourrait être essentielle, mais difficile à interpréter.

c) tuyères-blocs

On comptabilise 17 exemplaires de tuyères-blocs dans l'aire 1374. La carte de répartition des tuyères-blocs montre une continuité de la distribution spatiale entre la fosse 1340 et cette aire 1374, selon un axe sud-est / nord-ouest. Cet axe constitue un indice quant à la communication fonctionnelle entre les deux zones.

5. AUTRES STRUCTURES DU SONDAGE S1000

5.1 Ferrier (US 1207)

Les rejets successifs de scories formant des lignes concentriques à partir du bas fourneau avaient été pu être enregistrés en 1999. Ils constituent un ferrier associé à l'appareil de réduction, matérialisé par la couche de scories US1207, dont le décapage de 2011 permet de confirmer et mieux apprécier une partie des contours correspondant à son extension (fig. 9 et 11, photo n° 69).

5.2 Long fossé longitudinal F 1500

Ce long fossé court du sud au nord en traversant toute l'emprise du sondage S1 (photos n° 25 et 26, fig. 9, 10 et 11). Seul un tronçon situé dans l'angle sud-est du carré de fouille central de 1999 avait été reconnu, de même que son profil.

Son axe est différent de celui de la ligne de poteaux. Le fossé traverse même la ligne de poteaux est. Il recoupe de même des structures métallurgiques, notamment le ferrier sud et l'aire de minerai grillé A4.

Bien que postérieur à ces structures, il n'en est pas moins comblé par le mobilier métallurgique de l'atelier, ainsi que l'a montré la section sondée en 1999, et le dégagement des poteaux au bord de celui-ci. Aucune stratigraphie différenciée n'est apparue. Le comblement est de même nature que rencontré globalement dans l'atelier. Même s'il ne reprend pas les axes structuraux, il semble donc remonter à l'abandon du site ou à une période très proche de celui-ci.

5.3 Structure de pierres à plat STR 1218

La structure 1218 a été mise au jour sous une croûte ferrugineuse se trouvant à la base de la volumineuse couche faite majoritairement de morceaux de parois de four, contenant également d'assez nombreuses scories, en partie dégagée en 1999 au sud du bas fourneau, et qui a été enlevée pour bonne part au tracto-pelle en 2011, afin de vérifier l'existence ou non d'un autre bas fourneau dans ce secteur. La croûte ferrugineuse rencontrée, résultant de la précipitation d'oxydes de fer rassemblés par lessivage et gravité à la base de la couche, n'apparaît pas partout sur le site ; elle est certainement à mettre en lien avec la présence de fer métal subsistant encore dans les scories de fond de four qui ont été évacués dans ce secteur.

Les deux groupes de pierres voisins observés sont essentiellement isolés (fig. 11, photo n° 68). Un décapage élargi de cette zone n'a fait apparaître que quelques rares petites pierres non structurées, noyées dans les dix premiers centimètres de substrat, sans qu'elles puissent dessiner une quelconque structure. Le niveau de décapage, constitué d'argile jaune pâle du substrat, ne livre aucun mobilier métallurgique. Cet aménagement pierreux est indépendant de l'activité de production de fer gallo-romaine.

Les pierres, insérées dans le substrat limoneux très clair et très serré dans ce secteur, sont disposées de façon visiblement structurée. Il s'agit de roches de métamorphiques (migmatiques) très arrondies et altérées.

On peut distinguer deux ensembles. Le premier comporte 7 pierres disposées de façon concentrique, selon une aire ovale. A l'exception d'un seul élément un peu incliné superposé à un autre bloc légèrement périphérique, elles sont toutes disposées quasiment à plat ; elles sont également situées à la même hauteur dans le sédiment. Cette 8^{ème} pierre, de forme allongée aux surfaces plus lisses est posée sur ces dernières, et a été placée au centre

de cet ensemble. Sa forme est un peu particulière. Elle pourrait éventuellement revêtir par son aspect un caractère anthropomorphique.

Le second ensemble est constitué de 7 pierres plus modestes. Son aspect est moins organisé. Son agencement par rapport au premier ensemble, donne à l'ensemble une allure allongée, pouvant, au premier abord, évoquer les premières assises d'un mur. Comme on l'a vu le décapage du secteur permet d'écarter cette hypothèse.

Les pierres des deux ensembles sont visiblement rassemblées, de manière quelque peu concentrique. Cette structure est indépendante de l'activité métallurgique, et compte tenu de sa position sous la masse de parois et la croûte ferrugineuse existant à sa base, elle est antérieure à celle-ci. En l'absence d'élément mobilier permettant une datation, son attribution chronologique et sa fonction n'ont pas été élucidées. Elle évoque par certains aspects un foyer. Quelques taches plus sombres auraient pu résulter de l'action d'un feu ; il a été procédé à un lessivage des pierres pour détecter d'éventuelles traces de rubéfaction. Les rares trainées colorées observées sont plutôt de couleurs rouille et attribuables à des traces d'oxydes de fer naturels de la pierre ou éventuellement à une infiltration de la croûte ferrugineuse sus-jacente. La présence de charbon de bois n'a pas été non plus détectée.

Après avoir été nettoyées, les pierres ont été remises en place, afin d'observer l'orientation de ces colorations. Leur disposition par rapport à l'agencement des pierres ne montre pas de zone concentrique attribuable à un foyer.

La fouille a livré quelques indices de présence néolithique (fragment de lame en silex L9, fig. 38). Il existe par ailleurs un site de débitage lithique (grès lustrés) sur la hauteur située au nord du ruisseau des Landes. On pourrait, par suite, interpréter la structure 1218 comme celle d'une petite installation de travail artisanal ou de préparation culinaire, ne nécessitant pas un foyer, pouvant remonter au néolithique ou aux premiers Ages des métaux (Gascó, 2002 ; Lucquin et March, 2000).

5.4 Dépression en forme de fosse STR 1222 : zone d'extraction d'argile probable.

La recherche d'un éventuel poteau d'angle symétrique de TP 1405 par rapport à TP 1210, à 6,60 m de celui-ci vers le sud-ouest sur la ligne sud, a amené à dégager le ferrier dans ce secteur et à pratiquer un sondage à cet endroit (fig.11, photo n° 68). Sous le ferrier, on rencontre une zone en creux, prenant l'allure d'une fosse très irrégulière (ST 1222), sur le bord de laquelle a été mise au jour une concentration de tuiles (STR 1250) décrite dans le paragraphe suivant.

Le sol du substrat est très perturbé à cet endroit. Il est parcouru par de petites dépressions de différentes profondeurs aux contours arrondis et évasés, qui les distinguent de calages possibles, hormis un possible trou de piquet au fond. L'emprise du sondage ne permet pas de reconnaître les contours de cette zone qui se situe en dessous du niveau de substrat reconnu sous la grande zone de paroi quelques mètres plus au nord. Lors d'averses lors de la fouille toute l'eau venait se rassembler à cet endroit. Il pourrait s'agir d'une excavation ayant servi à extraire de l'argile pour les besoins du four.

5.5 Poche de tuiles STR 1250

Lors du dégagement du ferrier aux abords de ST 1222, est apparue une concentration de tegulae et imbrices, qui sera notée STR 1250. Celles-ci se trouvent intimement mêlées entre elles, aux scories et au sédiment sombre à nombreux oxydes de fer du ferrier, de façon très désordonnée (photo n° 67). Certaines sont incrustées dans l'argile du substrat dont le profil remonte dans cette direction. Il s'agit donc bien d'un lot de tuiles qui a été volontairement jeté sur le bord de l'excavation 1222 et qui participe à son comblement. La fouille n'a pas permis de reconnaître plus avant l'emprise du rejet de tuiles, qui sont en grande partie conservées.

La présence un tel lot de tuiles, recouvert par le ferrier, est à joindre à la série d'indices qui font penser que le bâtiment devait comporter une couverture de tuiles. Ce rejet peut s'inscrire dans les travaux de réfection du bâtiment ou de nettoyage final du site. Dans cet ordre d'idée, on notera aussi la présence de fragments de tuile dans le niveau de comblement supérieur du bas fourneau. Même si celles-ci ne sont pas présentes en très grande quantité dans l'emprise du sondage S1, on les rencontre régulièrement dans tous les niveaux de l'atelier et dans le ferrier.

5.6 Fosse F 1401 et F 1402

Deux grandes fosses ont été découvertes côte à côte à l'extérieur du bâtiment métallurgique, à 3 et 4 m de celui-ci vers le nord-est (fig. 9). Leurs formes et dimensions sont assez similaires. Leur comblement est du même type également. Les abords des deux fosses sont faits d'argile blanc-jaune dans laquelle se mêle de l'argile sombre, plus meuble. Elles recèlent tout à la fois du mobilier métallurgique, minéralurgique, des tuiles et du mobilier céramique exclusivement gallo-romain.

a) Fosse F 1401

Sa profondeur n'est que de 29 cm. Le comblement montre une alternance entre rejets plus clairs à caractère argileux et des rejets sombres riches en charbons de bois (photos n° 71 et 72 ; fig. 15b). Ces couches à petits moellons d'argile cuite ressemblent au dernier niveau de la fosse de travail FT1 du bas fourneau. Le mobilier comporte des tegulae à différents niveaux de comblement. La fosse a livré une tuyère bifide (TBF 64) dans les niveaux supérieurs, trois pesons massifs (PS1, PS2, PS3), ainsi qu'un fragment de meule en grès (photo n°70).

b) Fosse F 1402

La fosse F 1402 est la plus profonde des deux fosses : 72 cm. Son comblement ne montre pas de stratification vraiment différenciée et l'on peut considérer qu'il s'est fait essentiellement en une seule étape (photo n°73).

Elle présente sur son côté est, une sorte de tranchée, en forme de palier en pente douce (photo n°74). Au sein de celui-ci on distingue une couche plus sombre, de couleur beige à kaki ; la coupe stratigraphique montre un profil en « U » très évasé. Cet aspect indique l'existence d'une sorte de couloir d'accès à la fosse. L'épaisseur de sédiment mêlé apparu lors du décapage de la zone est souvent assez importante, de l'ordre d'une quinzaine de centimètres. Ceci pourrait indiquer que le secteur situé au nord-est du bâtiment est une zone de circulation en terrain au moins par moments boueux. Les variations de nature de sédiment (clair ou mêlé) de ce secteur semblent témoigner de zones de passage, qui restent difficiles à interpréter. Un sondage test réalisé en bordure de la banquette est, montre que l'argile mêlée, à cet endroit, a une épaisseur de 15 à 20 cm.

En plus du mobilier à caractère métallurgique, comme par exemple deux bloc-tuyères bifides (TBF 62 et 63), la fosse a livré des éléments céramiques en quantité importante, relativement à l'ensemble du site, décrits plus loin. On note par exemple un mortier en sigillée conservé pour plus de la moitié. Elle recélait également des tegulae en assez grand nombre.

c) Interprétation

Si certains des outils, comme les fragments de meule présentent un caractère d'usure ou de bris, d'autres comme les grands pesons sont intacts (au moins deux d'entre eux). L'existence de ces rejets dans les fosses F1401 et 1402, qui s'accompagnent de tegulae et de céramique (cf. supra), au nord du bâtiment, paraît bien résulter d'une évacuation des matériaux signant un nettoyage du site, lors d'une réfection ou plus probablement lors de la fermeture du site métallurgique.

5.7 Structures linéaires parallèles à la face sud du bâtiment

Le dégagement total du ferrier dans la zone sud / sud - est du sondage S1 a fait apparaître deux lignes parallèles sombres de 2 cm de large (US 1201) et 7 cm de large pour l'autre (US 1202) venant s'incruster faiblement dans le substrat, sur 2 à 5 cm de profondeur (fig.11 et photo n°76).

Malgré tout le soin mis pour identifier la présence de calages et de témoins de bases de mur en torchis ou clayonnage au bâtiment telles structures selon ces deux axes, on ne peut leur attribuer une telle fonction. On remarque qu'elles sont tout à fait parallèles à la face sud du bâtiment (elles ne sont pas, par contre, perpendiculaires au long fossé F1500, ce qui indique qu'elles ne sont pas en lien avec celui-ci, par exemple dans le cadre d'une reprise d'activité agricole à l'abandon de l'atelier métallurgique).

Les deux structures ont sans doute aussi un lien entre elles, mais il y a lieu de les distinguer. L'US 1202 se signalait sous le labour par une bande d'au moins 15 cm de large, comblée essentiellement par un sédiment très riche en charbon de bois, tandis que l'US 1201 est une simple saignée.

L'hypothèse de traces de charrois n'est pas recevable si l'on considère l'intervalle entre les deux lignes parallèles qui n'est que de 28 cm. Compte tenu du recouvrement de l'US 1201 par toutes les structures y compris par une croûte ferrugineuse indurée résultant très vraisemblablement de la précipitation des oxydes du ferrier et du fait de l'incrustation de scories et de charbon dans les rainures, on doit également écarter l'hypothèse de traces de labour antérieures à l'installation des métallurgistes gallo-romains. D'après son orientation par rapport aux parcelles cadastrales, il ne s'agit pas non plus d'un sillon de labour moderne. A noter aussi que les labours actuels sont pratiqués selon l'axe nord-sud. Le parallélisme avec la façade sud du bâtiment reste l'élément le plus remarquable.

Le sillon 1202 traverse le petit amas de scories correspondant à l'US 1203, ce qui indique qu'il est postérieur à celui-ci. Il rejoint la couche charbonneuse apparaissant en surface notée US 1204. Une petite série de tessons (4 exemplaires) a été trouvée dans le sillon 1202. Ils ont un aspect tout à fait identique à ceux de la couche US 1204, est appartiennent vraisemblablement à la même poterie, ce qui montre que le comblement de US 1202 est de nature identique à l'US 1204.

Aucun autre sillon similaire n'a été relevé sur le site. Les directions observées étant bien parallèles à celle du bâtiment, il est probable que ces deux structures, appartiennent à deux phases différentes de l'atelier. Bien que modestes et d'interprétation difficile, leur présence méritait d'être signalée en tant qu'indice, mais demanderait à être complétée par un décapage complet de la zone.

5.8 Plaque foyère probable.

Une plaque d'argile cuite épaisse sans rebord, reposant sur le sol d'argile très similaire au substrat, se trouvait entre le bâtiment et la fosse F 1402. Elle a été coupée en deux par un trait de labour, ainsi que le laissait voir les deux moitiés gisant l'une à côté de l'autre (photo n° 75).

La surface du sol montre une zone rubéfiée rose-orange entre la plaque et la fosse F1402.

Ces éléments évoquent l'utilisation d'une plaque d'argile cuite en liaison avec un foyer, à des fins culinaires.

On note la présence voisine du calage de poteau isolé TP 1416, qui est peut-être à mettre en lien avec celle-ci.

5.9 Structures dans le secteur situé au sud du bâtiment

Les structures sont variées et souvent en grande partie recouvertes par le ferrier. Leur exploration s'est limitée à l'enregistrement du niveau de décapage (fig.11, photo n°76).

IV.

MOBILIER A CARACTÈRE MÉTALLURGIQUE

1. ASPECTS METHODOLOGIQUES - RECHERCHE D'OBJETS METALLIQUES.

Une des problématiques majeures du site, et de façon plus générale de ce type de site de production de fer, est de reconnaître l'ensemble des maillons de la chaîne opératoire mis en œuvre. En particulier, il est important de savoir à quel type de production était destiné l'atelier.

Dans le cas où il n'élabore pas de produit fini, mais du fer épuré et forgeable, il s'agit de trouver des témoins des différents états de transformation de la matière depuis la masse de fer brut de réduction, jusqu'à l'aspect de masse forgeable finalement obtenue, en tant que semi-produit commercialisable.

La deuxième question essentielle est de savoir si la chaîne fonctionnelle va jusqu'au forgeage d'objets en fer sur place.

Afin de tenter de répondre à cette question, une recherche électromagnétique, autorisée, visant à collecter des éléments contenant du fer métal, a été réalisée à l'aide de détecteurs de métaux. Celle-ci a été conduite sur l'ensemble de la surface disponible au cours des 3 phases de la fouille de terrain : lors du décapage, dans les sondages fouillés et les tas de terre issus de la fouille manuelle, et sur les terres de rebouchage du site.

Par ailleurs, la quantité de céramique mise au jour reste limitée et le nombre de tessons permettant de resserrer la chronologie est faible. On pouvait s'attendre à mettre au jour quelques monnaies gallo-romaines. En l'occurrence aucune pièce de monnaie n'a été découverte. Ceci constitue en soi une indication qui n'est pas complètement anodine. En cas d'échanges économiques récurrents des productions de fer ou d'objets ferreux sur place, des monnaies auraient éventuellement pu nous parvenir. Le fait que ce ne soit pas le cas tend à indiquer que de telles transactions ne se font pas sur le site, mais à un autre niveau. Les productions semblent commanditées ou contrôlées ailleurs.

L'absence de monnaie sur place donne aussi à penser que, même si la conduite du fourneau nécessite de passer beaucoup de temps dans l'atelier, les métallurgistes ne résident pas à l'abri du bâtiment lui-même.

Concernant les résidus métalliques, nous verrons que cette stratégie s'est révélée payante.

2. MINERAI

Les blocs de minerai cuit et cru trouvés sur le site en 1999 ont été étudiés et publiés peu après par Jean-Jacques Chauvel, géologue spécialiste des minerais de fer (Chauvel J.-J., Vivet J.-B. et Bonniol-Jarrier C., 1999 ; Chauvel J.-J. et Vivet J.-B., 2001).

Un complément d'information pourrait être apporté par l'analyse des terres rares, qui n'ont pas été prises en compte dans les analyses de cette époque. A cette fin, une dizaine de blocs de minerai crus, totalement cuits et partiellement cuits a été collectée en place.

L'étude de 2001 montrait que les quelques blocs de minerai cru, découverts à 1,2 ou 2 km au sud de Pilleverte, dans le secteur proche du lieu-dit au toponyme révélateur de *La Ferrière*, avaient une minéralogie et une composition tout à fait compatible avec celle des blocs trouvés sur l'atelier. La localisation plus précise d'un ou plusieurs gîtes de minerai de fer, dont l'existence est soupçonnée à cet endroit, demande à être poursuivie en prospection.

3. SCORIES

La typologie établie pour ce type de site reste globalement valable (Vivet, 1997). On retrouve les faciès de scories en plaquette, canal, cylindre dans toute la surface fouillée.

3.1 Scories en plaquette

Elle est désignée sous ce vocable dans la typologie de 1997, en raison de sa forme particulière comportant la plupart du temps une surface lisse et plane laissée par la présence d'une grande bulle de gaz apparaissant au sein de l'écoulement et à son état de fragmentation limitant fortement ses dimensions. Il s'agit de la catégorie de loin la plus représentée. Elle est particulièrement abondante dans le ferrier et on a montré qu'elle se trouvait systématiquement associée à du mobilier gallo-romain, ce qui en fait pratiquement un marqueur chronologique de ce type de site de production (Lanos, 1994 ; Vivet, 1997). La présence de ces scories et cette association avec des éléments mobiliers romains est maintenant attestée de façon plus vaste dans le Grand Ouest (Sarreste , 2008 ; Langlois, 2005).

3.2 Scories en canal

Il s'agit simplement d'une variante plus massive de ces écoulements à dominante fayalitique, qui ont pu se produire dans une rigole plus ou moins ménagée dans le sol, dont ils conservent l'empreinte.

Une série d'une quinzaine de scories de type avait trouvée en 1999. La fouille de 2001 n'a pas livré d'autres éléments remarquables de ce type.

3.3 Scories en cylindre

Elles ont été découvertes régulièrement et en nombre important dans la majorité des grandes structures fouillées. Cette catégorie de scories posant quelques problèmes d'interprétation quant aux circonstances qui président à leur apparition, pouvant donner des indices sur les conditions de fonctionnement du bas fourneau, un prélèvement de plusieurs dizaines de ces scories cylindriques a été réalisé.

En attendant d'en faire une étude plus poussée, on constate d'emblée que leur diamètre est extrêmement variable. La majorité des diamètres observés est supérieure à celui des conduits de bloc-tuyères bifides, ce qui exclut un tel emploi. La fouille n'a livré aucune paroi de four ayant conservé une scorie cylindrique figée dans l'argile.

L'hypothèse la plus probable pouvant expliquer leur formation est celle de coulures scoriacées apparaissant suite à des coups de ringard dans la paroi ou la porte du four. Pour les éléments que l'on retrouve quelquefois accolés les uns aux autres selon un axe généralement parallèle ou légèrement oblique, on peut envisager que ces coulées scoriacées se sectionnent au cours de leur refroidissement rapide au contact de l'air extérieur et viennent se juxtaposer et adhérer les uns aux autres, alors qu'ils sont encore chauds.

La question qui subsiste dans cette hypothèse est pourquoi est-ce que l'on ne retrouve pas des fragments de paroi comportant ce type d'orifice. Ceux-ci devraient exister en assez grand nombre, à moins que les coups portés ne fragilisent l'élément de paroi concerné, qui se désagrège alors systématiquement.

3.4 Scories de fond de four

Quelques grosses scories ayant épousé le fond du bas fourneau ont été mises au jour. L'une d'elle se trouvait au sein du comblement de parois de four occupant toute la moitié sud de la fosse de travail FT1 (photo n° 44).

Sa position indique qu'elle a certainement été évacuée au cours d'une réfection du fourneau. Il est toujours délicat de savoir si elle est représentative des opérations ou non. Le four a pu être partiellement refait justement à cause de sa présence. Au vu de sa position, cet élément n'a pas été emmené dans l'aire de travail d'épuration voisine. Cette partie en culot ne recèle vraisemblablement pas suffisamment de fer métallique.

3.5 Scories de foyer métallurgique en culot

Contrairement à ce que l'on aurait pu s'attendre dans une aire de travail caractérisée par de multiples foyers métallurgiques, la fouille n'a livré que quatre scories en forme de culots.

1) Culot Sc 39

Il a été découvert en bordure de la zone de circulation entre les deux ateliers qui longe le bâtiment et fait la jonction entre l'aire de travail de réduction et l'aire de travail d'épuration (fig. 19). Il se situe au dessus du niveau charbonneux à moellons d'argile cuite (US10), dans un secteur très hétéroclite où se mêlent parois de four, pierres et scories. Il apparaît comme un élément en rejet.

Ce premier élément est fractionné dans l'épaisseur et laisse apparaître sa section verticale (photo n° 78, fig. 20). Sa plus grande dimension est au minimum de **11 cm**. Son épaisseur est de **6,5 cm**, entre sa surface supérieure pratiquement plane et sa partie inférieure, la plus bombée. En l'état, sa masse est de **348 g**.

La coupe générée par la section du bloc montre en première approche une stratification en deux phases bien distinctes. La partie supérieure présente un aspect fayalitique à multiples porosités très fines, sur une épaisseur de 1 à 1,5 cm (photos n° 77 et 78). La partie sous-jacente est un amalgame d'oxydes de fer ocre et brun qui incorpore de gros fragments de paroi d'argile cuite provenant a priori du four et du foyer de forge et de petits cailloux. Cet ensemble est très granuleux et assez poreux. Seule cette phase répond légèrement et localement à l'aimant, en particulier dans les masses d'oxydes plus brunes. Sur les flancs, cet amalgame d'oxydes ressurgit à la surface à travers la phase plus fayalitique.

2) Culot Sc 40

Le culot Sc 40 est très bien conservé (photos n°79 à 81). Il a été mis au jour au même endroit que Sc 39. Son allure, en forme de langue, se termine abruptement à sa base sous forme d'un pédoncule tronqué. Sa longueur est de **16 cm**, pour une largeur maximale de **13,5 cm** et une épaisseur de **5,3 cm** entre une surface relative plane et la partie inférieure la plus bombée.

Sa masse est de **1,011 kg**. Il est attirable à l'aimant de façon assez faible et locale en surface supérieure et inférieure.

La surface supérieure est quelque peu boursouflée et montre des empreintes de charbons de bois, dont bon nombre contiennent encore un reliquat **de matière organique épigénisée** de couleur marron-ocre très molle, prenant l'aspect du velours, mais conservant l'aspect fibreux du bois. Ce type de vestige plutôt rare, a pu être

décrit pour des scories de réductions piégées (Vivet, 2007). Si la question de l'utilisation du bois plutôt que du charbon de bois a été discutée dans le cas de bas fourneaux, avec notamment la possibilité de bois résiduel dans la phase de séchage du four, il semble qu'il faille rejeter ici cette proposition pour la forge. Ces résidus fibreux apparaissent dans la partie supérieure du culot, alors que la surface inférieure recèle en quantité de petits charbons de bois, maintenus par les oxydes. Il vaut mieux y voir la présence de morceaux de bois dont la carbonisation n'a pas pu être menée jusqu'au terme souhaité, mais que l'on a, malgré tout, utilisé comme combustible dans le foyer.

Il serait intéressant de comparer avec d'autres sites l'existence de combustibles de cette nature, afin de reconnaître les critères de qualité de bois ou charbon de bois retenus à différentes époques et différentes périodes. On note jusqu'ici que ce type d'occurrence paraît plutôt accidentel.

Le **pédoncule** à section verticale fourni un autre indice intéressant. Il retient à sa **surface de l'argile blanche** assez cuite, qui indique que l'emplacement choisi pour la zone de montée en température s'appuie sur une surface d'argile verticale, en limite du dispositif de soufflage. Cela signifierait alors que le foyer de forge comportait un **pan d'argile vertical** avec un passage permettant d'introduire les blocs-tuyères, découverts en grand nombre et décrits *supra*.

3) Culot Sc 170

Ce culot a été découvert au sein de la structure 1330, dans les niveaux supérieurs très tassés de la couche charbonneuse contenant des scories d'épuration, des fragments de parois de four., dénommée US 1301 ; cette dernière intègre l'aire d'épuration et son extension vers le nord hors du bâtiment. Le culot se trouve juste en limite du bâtiment. En effet, le calage TP 1330 a été découvert juste en dessous, mais ce dernier se trouve creusé dans le substrat et calé par des pierres, dont l'une écrasait en quelque sorte la céramique commune C116. Si la nature du sédiment est sensiblement la même que celui du comblement, on n'observe pas de contours de calage à sa verticale dans le niveau situé au dessus des pierres. On ne peut donc pas considérer qu'il fasse partie du comblement du trou de poteau. Une série de 13 tuyères bifides (et 6 fragments de même nature plus petits) a été trouvée découvert à proximité immédiate dans la même couche que le culot.

Le culot, qui semble entier (photos n°82 à 84), a une face supérieure plane formant un demi-disque, de diamètre égal à **10,2 cm**. Son épaisseur n'est que de **3,8 cm** (hors excroissance mentionnée ci-après). Sa masse est de **432,5 g**. Il prend un aspect général très ferrugineux, de couleur rouille en raison des nombreux oxydes de fer qu'il renferme. On note la présence de petits charbons incrustés aussi bien en surface inférieure que supérieure. Une scorie de réduction en forme de coquille éclatée fait nettement saillie au milieu des oxydes au niveau de sa surface inférieure. Son insertion au culot est telle que l'on peut penser qu'elle s'est intégrée à la masse du culot au cours même du travail dans le foyer. Ceci indique que l'environnement de travail pour cette étape n'est pas très propre.

Le culot est fortement attirable à l'aimant, ce qui paraît bien signaler la présence de fer métal en son sein. Par suite il serait certainement très instructif de faire une analyse métallographique de sa section.

4) Culot Sc 171

Ce culot, intégralement conservé, a une forme hémisphérique dans sa partie inférieure, qui tend à s'étaler en partie supérieure en donnant une forme presque carrée de **13 cm** de côté, relativement plane sur cette face. Une certaine dissymétrie montre cependant un épatement d'un côté vis-à-vis d'un côté plus petit (10,5 cm). Par suite ce dernier côté indique la position fonctionnelle de l'emplacement du soufflet. L'épaisseur du bloc entre la partie plane et la pointe de la demi-sphère est de **5,5 cm**.

L'élément est compact, très dense. Sa masse est de **1,645 kg**. Il est également fortement attirable à l'aimant. Il est criblé de petits charbons de bois en partie épigénisés par les oxydes de fer, aussi bien en surface inférieure que supérieure.

5) Conclusion :

Si les culots découverts apportent des informations intéressantes quant à leurs dimensions, leur nature, leur positionnement dans un foyer, la faible valeur de l'effectif et les variations de leurs caractéristiques, ne permet cependant pas de passer au stade de la généralisation. On retiendra qu'ils présentent un aspect relativement dense et granuleux à nombreux oxydes de fer et certainement des phases métalliques pour plusieurs d'entre eux et que leur plus grande dimension est de l'ordre de 10 cm ou plus dans les cas observés.

La faible présence de ces culots pose certainement question. Aucun culot de ce type n'a été trouvé en prospection au sol sur Pilleverte, ni en prospection électromagnétique, ni dans les tranchées sondages autour de S1000.

Doit-on y voir une caractéristique propre à cette phase opératoire pour ce type d'atelier ? Une fouille exhaustive du site permettrait peut-être de vérifier si, comme c'est probable, d'autres exemplaires, sans doute nombreux, ont pu être évacués à l'extérieur de l'atelier et rejetés dans des fossés ou fosses, à moins qu'ils n'aient servi de matériaux pour la construction de voies, remblais, bétons. La voie gallo-romaine traversant la forêt de Liffré, au nord Rennes, fournit un exemple intéressant de ce type de phénomène (Romano, 2008).

Fait quelque peu étonnant, les niveaux d'activité explorés dans l'aire d'épuration du bâtiment ne témoignent pas d'un nettoyage régulier de la zone, bien au contraire : ces niveaux livrent pêle-mêle du charbon, des scories de réduction, des pierres, fragments de tegulae, vestiges de foyers antérieurs, sans que des niveaux de scellement n'indiquent une réinstallation sur un sol mis au net.

On peut certainement aussi signaler le fait qu'il n'est pas impossible que ces culots soient repris pour extraire le métal qu'ils peuvent encore recéler. Il y a certainement lieu de réfléchir plus avant sur le mode opératoire employé, qui, à ce stade de la transformation de la matière ferreuse, ne semble générer, finalement, que très peu de scories en culot. Cette remarque est sans doute à étendre à de nombreux autres sites de production de fer de différentes périodes, en particulier à partir de Haut-Empire.

3.6 Scories à ciment ou pellicule d'oxydes rouille

Ces scories ont été mises au jour dans les différents niveaux de l'aire de travail abritée sous la partie nord du bâtiment. Si certaines couches sont plus riches en matériaux de ce type, aux abords des foyers notamment, on n'observe pas de concentration véritable, sous forme de lit continu, pouvant indiquer, soit un rejet primaire systématique en place, soit un rejet secondaire en fosse pour des besoins de nettoyage de la zone de travail.

Ces scories comportent la plupart du temps un ciment fait d'oxyde de fer de couleur rouille, qui vient agréger des scories de réduction de type plaquette bien reconnaissable et autres matériaux, comme des fragments de paroi, des charbons de bois... (photos n° 87 à 92). Certaines sont faites d'une matrice fayalitique plus ou moins poreuse, ne contenant pas de fer métal, recouverte d'une pellicule d'oxydes de couleur rouille (photo n° 89). Leur forme massive diffère par contre de celle des scories écoulées de type plaquette. Du fait de la variabilité de l'aspect qu'elles revêtent et des matériaux divers entrant dans leur composition, elles sont difficiles à caractériser. Même s'il paraît difficile d'en faire un témoin tout à fait typique des travaux d'épuration eux-mêmes, il n'en reste pas moins vrai qu'elles sont associables, dans notre cas, au travail d'épuration. Il n'est pas certain qu'elles se soient constituées au cours de cette opération (sauf peut-être quelques exemplaires), mais sans doute plutôt, pour la majorité d'entre elles, quelque temps plus tard, suite à une migration et concrétionnement des petits fragments de fer ré-oxydés issus de ces phases de post-réduction, y compris sans doute les battitures.

Ces ciments d'oxydes sont à mettre en relation avec les fractions magnétiques décrites dans l'analyse des échantillons de sédiment collectés dans cette aire (*infra*).

3.7 Scories à phases métalliques - gromps possibles

Quelques exemplaires de la zone nord du bâtiment, au demeurant assez peu nombreux, compacts et assez denses, montrent en section, après sciage, des phases de fer métal (photos n° 83 à 86, 93 et 94). Compte tenu du contexte de découverte, et en tant que rejets résultant des premières phases d'épuration, ils s'apparentent aux résidus d'opération auxquels on attribue l'appellation de gromps, selon le terme introduit en 1994 par Nosek.

L'élément Sc137, assez ramassé, a une longueur de 12 cm. En coupe, le métal n'apparaît que de façon diffuse dans la matrice.

L'élément Sc138, de grandes dimensions (25 x 23,3 cm), en forme de galette épaisse, desquamé dans sa partie supérieure, ressemble quelque peu à un culot. Il présente des phases métalliques bien nettes, plus ou moins disposées en réseau.

L'étude mériterait d'être étendue à un plus grand nombre d'exemplaires. Il semble qu'il y ait, en fait, toute une gradation dans la proportion de fer métallique que ces scories peuvent recéler.

De nombreux éléments de même nature, plus riches en métal, ont été découverts en prospection électromagnétique et sont décrits dans la section suivante.

4. MOBILIER CONTENANT DU METAL DECOUVERT EN PROSPECTION ELECTROMAGNETIQUE

Ainsi qu'il a été évoqué dans la partie méthodologie, une recherche d'objets métalliques a été réalisée sur les terres de décapage et de fouille, sur la surface des sondages et sur les structures fouillées, lors de la phase de décapage, à quatre reprises lors de la fouille, après rebouchage du chantier, sur les terres remises en place. Des tests ont également été réalisés sur la partie sud de la parcelle fouillée dans le secteur adjacent au sondage S1000.

4.1 objets non ferreux

Aucune occurrence non moderne n'est à recenser.

4.2 objets ferreux

Concernant des fragments de métal possible, un lot de **166** blocs, détectés par les appareils électromagnétiques, a été collecté sur l'ensemble du site (Tab. 9, photos n° 95 à 101).

Ils forment la plupart du temps une masse assez dense de forme plus ou moins arrondie, de couleur rouille, à laquelle la terre adhère. La très grande majorité d'entre eux réagissent à l'aimant.

échantillon	masse	nombre	localisation des terres de fouille/décapage
	(kg)		
n°1	2,350	28	ouest de S1000
n°2	4,640	7	sondages S2000-S3000
n°3	1,920	25	entre S2000 et S3000
n°4	1,000	3	sondage S1000
n°5	1,580	3	ouest de S1000
n°6	2,030	20	ouest de S1000
n°7	3,060	13	est de S1000
n°8	1,790	6	fosses F1401 et 1402
n°9	4,260	58	entre S1000 et S2000
n°10	1,705	3	après rebouchage
Total:	24,335	166	

Tab. 9 : scories riches en fer métal découvertes en prospection électromagnétique.

Le nettoyage à sec de ces blocs montre qu'ils comportent des phases fayalitiques auxquelles adhère de façon intime du fer métal, qui s'est plus ou moins ré-oxydé. **Aucun d'entre eux n'est indissociable de formes scoriacées.**

Si aucun des blocs en question ne présente l'aspect typique d'objet métallique, tel qu'un fragment de lame, une tige, un maillon de chaîne, quelques éléments, très massifs, montrent une mise en forme qui leur donne une certaine planéité. Ces éléments, au demeurant peu nombreux, témoignent visiblement du travail de martelage qu'ils ont subi.

La seule occurrence d'objets indiscutablement manufacturés, trouvés ceux-ci en fouille, consiste en une série de 16 clous de petite taille trouvés ensemble aux abords centre-ouest du bâtiment, qui appartiennent vraisemblablement au cloutage d'une sandale. Ils ne peuvent donc pas être considérés comme représentatifs d'une production de l'atelier. Par contre leur présence nous indique que si des objets avaient été fabriqués en quantité, une partie au moins de ce mobilier nous serait parvenu, malgré les conditions peu favorables du terrain (hydrolyse acide, comme dans la majorité des cas en Bretagne).

La recherche électromagnétique systématique, sans doute quelque peu rébarbative, s'avère ici tout à fait essentielle, à la compréhension de la fonction de l'atelier en ce sens qu'elle indique qu'il ne subsiste **pas d'objet ou fragment d'objet métallique en fer** sur le site métallurgique, ou tout du moins que leur présence (si elle existe) correspond à une quantité tellement réduite d'éléments que l'on est en droit de penser **qu'aucune production importante d'objet métallique n'a été réalisée sur le site.**

Même en cas de recyclage des chutes de métal, une production massive d'objets forgés, devrait laisser une quantité de chutes de métal de forgeage sous forme de petits éléments métalliques plus ou moins identifiables et, des fragments d'objets ébauchés. On note par ailleurs qu'aucune des zones explorées ne recèlent de couches chargées massivement en battitures, comme ce devrait être le cas pour un travail de forgeage d'élaboration conséquent. Enfin, contrairement à ce que l'on rencontre ordinairement sur les sites de forge, où les culots sont présents en grand nombre, on n'en recense ici que 4 exemplaires, attribuables qui plus est, à l'étape d'épuration.

4.3 Scories riches en métal liées découvertes en prospection électromagnétique

Il faut donc trouver une autre interprétation aux blocs informes précédents, collectés sur le site de façon différentielle parmi les matériaux divers du ferrier, grâce aux détecteurs de métaux.

Ils présentent la particularité d'être à la fois denses et attirable partiellement ou entièrement à l'aimant. La pellicule d'oxydes ou de matière scoriacée qui les enveloppe ne permettait pas de s'assurer de leur nature. Ce n'est qu'après sciage de quelques exemplaires que l'on a pu vérifier qu'ils recelaient une forte proportion de fer métal contrairement aux scories ordinaires de réduction.

Le fer métal est d'emblée visible à l'œil nu sans même avoir besoin de recourir à un microscope. Il peut se présenter de façon très massive et même spectaculaire, comme dans le cas des exemplaires DM1 et DM2 (photos n° 95, 96 et 97, 98 respectivement) ou en réseau au sein d'une matrice scoriacée, comme dans le cas de l'exemplaire DM3 (photos n° 99 et 100).

Il s'agit donc selon toute probabilité d'éléments provenant de la masse brute de réduction issue du bas fourneau, qui recelait du métal, mais qui se sont détachés, après défournement de celui-ci, au cours des premières phases d'épuration de la loupe, et auxquels on attribue généralement l'appellation de gromps. Les blocs les plus riches donnent une idée de l'aspect des fragments de loupe déjà en grande partie épurés produits par l'atelier de Pilleverte.

Les 166 blocs en question représentent une masse de près de **25 kg** (Tab. 9). Compte tenu des difficultés de conservation (hydrolyse acide du sol) et d'identification (au milieu des centaines de tonnes de scories de réduction) de ce type d'artefact, la masse collectée est tout à fait conséquente.

Ils ont tous été trouvés dans l'emprise de l'atelier et de ses abords immédiats (sachant que la recherche a été menée sur l'ensemble de la parcelle sondée). Le sondage S 1000 a livré la grande majorité (80% en nombre, 71 % en masse) des éléments. A noter que 6 blocs, représentant en tout une masse de 1,8 kg sont issus de la fouille des fosses de rejet F1401 et F1402.

Le lot restant a été découvert dans le sol et dans les terres de décapage du secteur des sondages voisins S 2000 et S 3000, situés un peu plus à l'ouest. Ceci vient renforcer l'hypothèse d'existence d'une seconde aire de travail majeure dans cette zone, qui pourrait accueillir des opérations d'épuration, et peut-être aussi de réduction dans un second bas fourneau.

Une demi-douzaine d'éléments a une masse proche de 1 kg ; la longueur de certains d'entre eux est voisine de 15 cm.

Ces blocs étant nombreux, le travail d'analyse n'a pas été poussé plus avant pour l'instant. Comme ils recèlent encore des quantités importantes de fer métal, une étude pourrait être menée, sur un choix raisonné d'éléments, en vue de progresser dans la caractérisation du métal produit à Pilleverte. Cette recherche pourrait porter sur la nature du métal extrait du bas fourneau (fer doux, aciéré, mixte), sur sa composition chimique en regard des minerais disponibles, et si possible sur celle des inclusions qu'il contient, afin de les comparer, à terme, à celles de scories de forge et d'objets trouvés en fouille sur d'autres sites.

En conclusion, les rejets métallurgiques observés montrent que la **fonction essentielle du site de Pilleverte est orientée vers celle d'une production de fer métal élaboré jusqu'à l'état de « masse de fer épuré »** sans doute prête à être forgée, qui n'est pas transformée sur place en objet, mais destinée à être retravaillée ailleurs.

5. étude archéométrique des sédiments issus de l'aire de travail nord du bâtiment.

La fouille de l'atelier de production de Pilleverte comporte de façon tout à fait exceptionnelle une aire bien en place, apparaissant comme pouvant être spécialisée dans le travail d'épuration, abritée dans la moitié nord du bâtiment. Du point de vue méthodologique, cette configuration inédite amène à élaborer un protocole d'étude nouveau, adapté à ce type de rejet métallurgique.

Les premiers résultats obtenus peuvent contribuer à constituer une base de référence susceptible de servir de façon plus générale à la caractérisation des phases opératoires du travail d'épuration pour des sites de même nature.

La disposition très chaotique des structures, souvent très proches les unes des autres, la nature des comblements de modules très divers, comportant aussi bien des rejets typiques de réduction (scories écoulées en très grand nombre) que d'éventuels témoins de post-réduction dans la zone de travail correspondant à la partie nord du bâtiment (STR 1301), ne permettaient pas de mettre en place un prélèvement systématique de sédiment vraiment interprétable.

Le travail s'est donc concentré sur l'analyse soignée de 4 prélèvements témoins, numérotés de 2 à 5, situés à des emplacements choisis en fonction de leur situation vis-à-vis des foyers (fig. 19), et qui ont fait l'objet du protocole de traitement dont la description suit.

Note : afin de ne pas alourdir la présentation, le terme 'magnétique' est utilisé dans la suite de l'exposé pour désigner la propriété de certains matériaux à être attirés par un aimant permanent.

5.1 Méthode

Elle comporte les étapes suivantes :

1. Mesure de la masse totale de sédiment étudiée.
2. Tamisage à l'eau employant les outils suivants :
 - tamis de maille = 5 mm
 - tamis de maille = 0,5 mm
 - battée équipée d'aimants permanents pour les éléments de dimension inférieure à 0,5 mm
3. Séparation des fractions magnétiques et non magnétiques, à l'aide d'un aimant permanent.
4. Mesure des masses de chacune des fractions ainsi obtenues, pour les 2 refus de tamis et le résidu de lessivage à la battée.
5. Tri à l'œil, à la loupe et à la loupe binoculaire, des éléments identifiables constitutifs des fractions magnétiques et non magnétiques.
6. Evaluation en nombre et en masse des éléments identifiables de la fraction magnétique.
7. Evaluation de l'abondance de chaque type d'éléments identifiés précédemment, sur une échelle de 1 à 5, de la fraction non magnétique.

5.2 Caractéristiques générales

Le protocole d'étude a été réalisé sur des masses de sédiment sensiblement identiques, comprises **entre 1,260 kg et 1,420 kg** (Tab. 3) en évitant d'incorporer de trop grosses scories de réduction (typiquement dont la plus grande dimension dépasse 5 cm). De ce fait, on peut penser que le biais créé par la taille du prélèvement n'est pas trop conséquent. Un calcul en ratio est effectué afin de pouvoir comparer les échantillons entre eux. Les valeurs mesurées sont rassemblées dans les tableaux suivants.

Le travail de sélection est rendu particulièrement difficile et fastidieux du fait de l'existence concomitante d'éléments appartenant aux différentes phases de la chaîne opératoire comment on pourra le voir.

a) refus de tamis global

synthèse masse	masse totale avec sédiment	fraction sup 5 mm			fraction 0,5 à 5 mm			fraction inf à 0,5 mm	global refus
Echantillon	unité: (g)	magnétique	non magnétique	totale	magnétique	non magnétique	totale	magnétique	total refus
Ech.2	1268,2	50,5	318,2	368,7	60,8	188,2	252,5	8,6	629,8
Ech.3	1360,0	334,0	58,3	392,3	366,0	54,7	421,8	36,6	850,7
Ech.4	1410,2	48,2	374,5	422,7	51,3	178,3	232,3	19,1	674,1
Ech.5	1385,0	78,3	362,6	441,3	90,1	133,2	224,1	14,8	680,2
		ratio fraction sup 5 mm			ratio fraction 0,5 à 5 mm			ratio fraction inf à 0,5 mm	% en masse dans le refus
% en masse		magnétique	non magnétique	totale	magnétique	non magnétique	totale	magnétique	magnétique
Ech.2		8,0%	50,5%	58,5%	9,65%	29,88%	40,1%	1,4%	19,0%
Ech.3		39,3%	6,9%	46,1%	43,0%	6,4%	49,6%	4,3%	86,6%
Ech.4		7,2%	55,6%	62,7%	7,6%	26,5%	34,5%	2,8%	17,6%
Ech.5		11,5%	53,3%	64,9%	13,2%	19,6%	32,9%	2,2%	26,9%
	moyenne :	8,9%	53,1%	62,0%	10,2%	25,3%	35,8%	2,1%	21,2%

Tab.3 : étude des sédiments issus de l'aire de travail nord du bâtiment, masses et ratio des différentes fractions répondant ou non à l'aimant.

La masse totale des refus de tamis et collectes à la battée 'magnétique' représente environ 50 % de la masse des échantillons (52% en moyenne sur les 4 échantillons). Les pourcentages des échantillons n° 2, 4 et 5 sont très proches les uns des autres avec une valeur moyenne de 49 %. On note que ce pourcentage est plus élevé dans le cas de l'échantillon n°3, avec une valeur voisine de 63 %.

Compte tenu du fait que les fractions 'magnétiques' inférieures à 0,5 mm ont été retenues, on peut penser que la masse qui s'est écoulée au travers des tamis est essentiellement constituée de limon. La poussière de charbon de bois est sans doute également évacuée, mais sa proportion en masse est faible.

On constate d'emblée que **la part des fractions 'magnétiques' dans les échantillons est élevée** : 21 % en moyenne de la masse totale du prélèvement sur les 4 échantillons.

Elle est **de 10 % en moyenne pour les échantillons n° 2, 4 et 5 et de 54 % pour l'échantillon n°3**. Si l'on exclut la fraction essentiellement limoneuse du prélèvement et que l'on se rapporte au total des masses collectées (refus de tamis et battée 'magnétique'), on obtient un pourcentage moyen de matières 'magnétiques' **de 21 % pour les échantillons n° 2, 4 et 5 et de presque 87 % pour l'échantillon n°3 !**

b) refus de tamis supérieur à 5 mm

La part des refus de tamis supérieure à 5 mm est de l'ordre de 60 % (58 % en moyenne sur les 4 échantillons). On constate à nouveau une différence entre les échantillons n° 2, 4 et 5, dont les valeurs sont assez voisines (moyenne de 62 %), et l'échantillon n°3, dont la valeur est sensiblement plus faible (46 %).

Au sein de ces refus de tamis de dimension supérieure à 5 mm, on peut dissocier les participations des fractions 'magnétiques' et des fractions non 'magnétiques'.

On retrouve à nouveau un 'comportement' assez constant des échantillons n° 2, 4 et 5, avec une proportion voisine de 9 % de la fraction 'magnétique' par rapport au total des refus de tamis. L'échantillon n°3 fournit quant à lui une valeur de **39 %** pour cette même donnée.

c) refus de tamis compris entre 0,5 mm et 5 mm

La part des refus de tamis comprise entre 0,5 mm et 5 mm est de l'ordre de 40 % (39 % en moyenne sur les 4 échantillons). Elle est un peu plus forte pour l'échantillon n°3 (50 %).

On retrouve à nouveau un 'comportement' assez constant des échantillons n°2, 4 et 5, avec une proportion voisine de 10 % de la fraction 'magnétique' par rapport au total des refus de tamis. L'échantillon n°3 fournit quant à lui une valeur de **43 %** pour cette même donnée, qui rejoint la tendance déjà observée pour le refus de tamis supérieur à 5 mm de cet échantillon.

d) fraction inférieure à 0,5 mm collectée à la battée 'magnétique'

La proportion en masse de cette poussière ferrugineuse par rapport à la masse totale des matières collectées est voisine de 2 % pour les échantillons n° 2, 4 et 5. Cette proportion est à nouveau plus forte pour l'échantillon n°3, avec une valeur qui **dépasse 4 %**.

5.3 Echantillon de sédiment n°2

Echantillon	fraction sup 5 mm				total		fraction 0,5 à 5 mm			fraction inf 0,5 mm
	magnétique		non magnétique				magnétique		non magnétique	magnétique
unité: (g)	nombre	masse	nombre	masse	nombre	masse	nombre	masse	présence	
scorie coulée dense-fayalite dominante	13	10,8	30	187,3	43	198,1	89	12,3	+	?
scorie légère grise à porosités - semi fayalitique	9	25,3	7	21,7	16	47	61	6,4	+	?
scorie assez légère ferrugineuse à oxydes de fer dominants	9	12,6	3	8,9	12	21,5	12	0,9	+	?
fragment plat proche battiture, mais réduction possible	0	0	0	0	0	0	68	2,4	+	?
battitures plates	0	0	0	0	0	0	109	0,7		+++
battitures billes	0	0	0	0	0	0	106	2,2		?
scorie légère à vitrification noire - siliceuse	0	0	11	36,6	11	36,6	37	1	+	?
part résiduelle non différenciée	0	0	0	0	0	0	xxxxx	31,2	+++	?
paroi de four blanche cuites et très cuite	0	0	23	17,3	23	17,3	0	0	++	?
moellons d'argile cuite orange et grise	0	0	17	9,3	17	9,3	0	0	+	?
minerai grillé	2	0,8	0	0	2	0,8	15	1,3	+	?
charbon de bois	0	0	16	5,2	16	5,2	0	0	+++	?
pierres	0	0	20	24	20	24	0	0	+++++	?
paillettes de mica	0	0	0	0	0	0	0	0	+	?
total:		49,5		310,3		359,8		58,4		
Echantillon	pourcentage fraction sup 5 mm				total:		fraction 0,5 à 5 mm			
N°2	magnétique		non magnétique				magnétique			
ratios en pourcentage		masse		masse	masse			masse	masse identifiée	
scorie coulée dense-fayalite dominante		3,00%		52,1%	55,06%			21,1%	45,2%	
scorie légère grise à porosités - semi fayalitique		7,03%		6,0%	13,06%			11,0%	23,5%	
scorie assez légère ferrugineuse à oxydes de fer dominants		3,50%		2,5%	5,98%			1,5%	3,3%	
fragment plat proche battiture, mais réduction possible		0		0	0			4,1%	8,8%	
battitures plates		0		0	0			1,2%	2,6%	
battitures billes		0		0	0			3,8%	8,1%	
scorie légère à vitrification noire - siliceuse		0		10,2%	10,17%			1,7%	3,7%	
part résiduelle non différenciée		0		0	0			53,4%		
paroi de four blanche cuites et très cuite		0		4,8%	4,81%			0	0	
moellons d'argile cuite orange et grise		0		2,6%	2,58%			0	0	
minerai grillé		0,22%		0	0,22%			2,2%	4,8%	
charbon de bois		0		1,4%	1,45%			0	0	
pierres		0		6,7%	6,67%			0	0	
paillettes de mica		0		0	0			0	0	
total:		13,53%		86,47%	100,0%			100%		

Tab. 4 : étude qualitative et quantitative de l'échantillon de sédiment n°2.

a) refus de tamis supérieur à 5 mm

- La part des éléments répondant partiellement ou totalement à l'aimant est uniquement constituée de scories coulées denses, de scories grises poreuses, de scories rouilles poreuses, **de scories vitrifiées noires** et de minerai grillé.

Les scories coulées denses sont largement majoritaires (54%). Seulement 5,5 % d'entre elles répondent à l'aimant. La fayalite, constituant essentiel de ces scories, silicate de fer Fe_2SiO_4 , n'est pas un minéral attirable à l'aimant. Parmi celles-ci, on compte une scorie cylindrique, une coulure en forme de stalactite, une scorie en plaquette à section en « V », typiques des écoulements liés à la réduction. On note la présence d'un fragment de scorie en plaque fine (répondant à l'aimant) qui présenterait une certaine ressemblance avec une battiture s'il était plus petit. Ceci pose la question de la difficulté dans certains cas de différencier ces rejets dans les refus de tamis de plus faible dimension (voir refus de tamis compris entre 0,5 et 5 mm).

Les scories grises et poreuses représentent 12 % de cette fraction. Un peu plus de la moitié d'entre elles environ (54 %) répondent cette fois à l'aimant. Ces scories prennent un aspect vitreux à nombreuses porosités sphériques.

Les scories rouille et poreuses représentent 6 % de cette fraction. Plus de la moitié d'entre elles environ (59 %) à nouveau répondent à l'aimant.

Les scories à vitrification noire, à dominante siliceuse, sont habituellement peu fréquentes. En quantité non négligeable ici (10 %, pour une masse de 37 g), elles témoignent d'un travail à température élevée. Elles prennent ici l'allure d'un verre noir à porosités sphériques. Un élément est en forme de bicoque. Le revêtement blanc-rouille qui adhère à ces scories peut expliquer l'attraction à l'aimant, à moins qu'elles ne recèlent de petites billes de métal (à l'image de la grenaille dans les laitiers de hauts-fourneaux) dans leur matrice siliceuse.

Les fragments de minerai grillé sont également attirables à l'aimant du fait de la magnétite (Fe_3O_4). Ils sont très minoritaires avec seulement 2 éléments dont la masse totale est de 0,8 g (0,2%).

- Les éléments restants, non attirables à l'aimant comprennent des blocs d'argile blanche cuite ou très cuite (4,8 %), des blocs d'argile peu cuite orange (2,5 %), du charbon de bois (1,4 %) et des pierres (6,6 %). Ces dernières sont faiblement présentes.

b) refus de tamis compris entre 0,5 mm et 5 mm

- Seule la fraction 'magnétique' a fait l'objet d'un tri partiel. Le tri exhaustif s'avère en pratique très difficile à mener compte tenu du nombre trop important d'éléments et de la difficulté de classement par un simple critère visuel des éléments trop petits ou non caractéristiques. Après sélection des éléments identifiables, la part résiduelle non différenciée représente 47 % en masse du refus de tamis compris entre 0,5 mm et 5 mm.

Dans la fraction 'magnétique' on rencontre les mêmes catégories, dans des proportions assez semblables (si l'on considère que la distinction scories grises et scories ferrugineuse rouille est un peu théorique) à celles du refus de tamis supérieur à 5 mm. A celles-ci il faut ajouter :

- **des scories plates** ressemblant quelque peu à des battitures, mais provenant plus probablement d'éclats de scories de réduction ou de morphologie proche de celles-ci. Ils sont en général plus ou moins plats, éventuellement arqués, plus épais, plus ternes et plus poreux que les battitures typiques. Les 68 éléments sélectionnés représentent 9 % de la masse des éléments identifiés (4 % du refus de tamis).

- **des battitures plates.** Les **109 éléments** sélectionnés représentent un peu moins de 3 % de la masse des éléments identifiés. Leur taille moyenne est de l'ordre de 2 à 2,5 mm, quelques-unes (4 individus) approchent 5 mm.

Ces battitures témoignent d'une phase de martelage sur un bloc de métal au moins en partie plan.

- **des battitures billes.** Les **106 éléments** sélectionnés représentent un peu moins de 4 % de la masse des éléments identifiés. 17 billes ont un diamètre supérieur à 3 mm. 13 individus ont un diamètre compris entre 1,5 et 3 mm. 72 sont inférieurs à 1,5 mm. 2 éléments ont une forme de bicornes et 2 autres une forme cylindrique. Quelques billes possèdent un pédoncule.

Le grand nombre de billes ainsi rencontré témoigne indubitablement d'un travail sur un matériau métallique porté à haute température. L'échantillon mériterait une étude plus poussée au microscope afin de préciser la morphologie de ces billes (pleines, creuses, poreuses, dominante siliceuse, ...) et donner des éléments d'appréciation sur le type d'opération réalisée, ainsi que sur le matériau travaillé (masse brute de réduction ou bloc de métal plus proche d'un 'lingot' forgeable ; Leblanc, 2002).

- La fraction non 'magnétique', en dehors des petits fragments de scories difficiles à classer, comporte essentiellement des petits grains de quartz émoussés et des petits fragments de charbon de bois.

c) fraction inférieure à 0,5 mm collectée à la battée 'magnétique'

Des battitures plates de très petite dimension sont identifiables en assez grand nombre dans la masse poussiéreuse brunâtre collectée.

5.4 Echantillon de sédiment n°3

Echantillon	fraction sup 5 mm				total	total	fraction 0,5 à 5 mm			fraction inf 0,5 mm
	magnétique		non magnétique				magnétique		non magnétique	
unité: (g)	nombre	masse	nombre	masse	nombre	masse	nombre	masse	présence	présence
scorie coulée dense-fayalite dominante	14	22,8	17	29,2	31	52,0	190	26,3	++	?
scorie légère grise à porosités - semi fayalitique	0	0	4	2,2	4	2,2	0	0	+	?
scorie assez légère ferrugineuse à oxydes de fer dominants	152	309,7	0	0	152	309,7	518	69,6	0	?
fragment plat proche battiture, mais réduction possible	1	0,6	0	0	0	0	58	2,3	0	?
battitures plates	0	0	0	0	0	0	565	3,1	2 (inf à 0,1g)	++++
battitures billes	0	0	0	0	0	0	418	5,0	7 (0,4g)	+++
scorie légère à vitrification noire - siliceuse	0	0	0	0	0	0	46	3,1	+	?
part résiduelle non différenciée	0	0	0	0	0	0	-	256,5	+++	?
paroi de four blanche cuites et très cuite	0	0	8	25,9	8	25,9	0	0	++	0
moellons d'argile cuite orange et grise	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
minerai grillé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
charbon de bois	0	0	0	0	0	0	0	0	+++	0
pierres	0	0	1	1,0	1	1,0	0	0	+++	0
paillettes de mica	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0
total:	167	333,8	30	58,3		392,1	1795	366		

Echantillon	pourcentage fraction sup 5 mm				total:	fraction 0,5 à 5 mm		
	magnétique		non magnétique			magnétique		
ratios en pourcentage		masse		masse	masse	masse	masse identifiée	
scorie coulée dense-fayalite dominante		5,8%		7,4%	13,26%		7,2%	24,0%
scorie légère grise à porosités - semi fayalitique		0		0,6%	0,56%		0,0%	0
scorie assez légère ferrugineuse à oxydes de fer dominants		79,0%		0	78,98%		19,0%	63,6%
fragment plat proche battiture, mais réduction possible		0,2%		0	0		0,6%	2,1%
battitures plates		0		0	0		0,8%	2,8%
battitures billes		0		0	0		1,4%	4,6%
scorie légère à vitrification noire - siliceuse		0		0	0		0,8%	2,8%
part résiduelle non différenciée		0		0	0		70,1%	0
paroi de four blanche cuites et très cuite		0		6,6%	6,61%		0	0
moellons d'argile cuite orange et grise		0		0	0		0	0
minerai grillé		0		0	0		0,0%	0
charbon de bois		0		0	0		0	0
pierres		0		0,3%	0,26%		0	0
paillettes de mica		0		0	0		0	0
total:		85,0%		14,9%	99,8%		100,0%	0

Tab. 5 : étude qualitative et quantitative de l'échantillon de sédiment n°3.

a) refus de tamis supérieur à 5 mm

- Comme on l'a vu dans le cas de l'échantillon précédent, dans la mesure où la zone de travail est en prise directe avec un ferrier massif, la masse des refus de tamis supérieurs à 5 mm est essentiellement due aux scories de réduction (en grande partie non magnétiques). La part de cette fraction peut présenter un caractère quelque peu aléatoire dans la mesure où l'on peut avoir à faire à des scories volumineuses et massives qui pourraient ainsi créer un biais important dans les ratios.

Dans le cas de l'échantillon n°3, ces scories ne représentent qu'une proportion faible de la masse du refus de tamis supérieur à 5 mm (13%); elles sont essentiellement remplacées par des scories ferrugineuses (79 %), et leur présence en grand nombre amène à une représentation en masse des scories dans le refus de tamis supérieur à 5 mm, assez proche quoique un peu inférieur comme on l'a vu à celle de l'échantillon n°2.

Concernant la fraction 'magnétique' de ce refus de tamis, on retrouve un faible pourcentage de scories coulées denses qui répondent à l'aimant (6%). On note que ces scories sont teintées en rouille par des accrochages d'oxydes, qui peuvent expliquer au moins en partie l'attraction magnétique rencontrée pour ces éléments.

La contribution massique des scories ferrugineuses au refus de tamis est par contre de 79 %. **Elles représentent 93 % de la masse des éléments répondant à l'aimant.**

Elles se présentent sous la forme d'**amalgames d'oxydes poreux et granuleux très attirables à l'aimant** retenant de l'argile grise fondue, des scories coulées, des fragments de paroi, des grains de quartz, et très rarement du charbon de bois. Deux éléments ont une dimension plus conséquente (5 cm pour 48 et 432 g)

Ces scories sont très différentes de celles provenant de la réduction et on peut penser qu'elles caractérisent au moins en partie le travail de post-réduction.

- La fraction non 'magnétique' n'est constituée pratiquement que de scories coulées denses (7 %) et de fragments de paroi d'argile cuite blanche (7 %).

b) refus de tamis compris entre 0,5 mm et 5 mm

La part résiduelle non différenciée représente 70 % en masse du refus de tamis compris entre 0,5 mm et 5 mm.

- Tri de la fraction magnétique.
Celle-ci étant particulièrement abondante et la taille des éléments très petite, le tri a été effectué sur une masse de 94,2 g sur les 366 g recueillis (26 %), masse supérieure à celle des tris de la même fraction des autres échantillons (n°2, 4 et 5). En supposant un comportant gaussien de la l'ensemble de l'échantillon, un autre coefficient de proportionnalité massique a été appliqué pour se ramener à l'intégralité de l'échantillon. Un autre coefficient de proportionnalité tenant compte du ratio nombre/masse de chaque catégorie a également été appliqué pour le comptage des éléments. Ce sont ces valeurs corrigées qui sont reportées dans le tableau ci-dessus.

La représentation des petites scories denses magnétiques de ce refus de tamis (190 en nombre), en pourcentage (7%), est sensiblement la même que celle du refus de tamis supérieur (6%). La contribution massique **des scories ferrugineuses** (au nombre de 518), au refus de tamis est, quant à elle, de 19 %. **Elles représentent 64 % de la masse des éléments identifiés répondant à l'aimant.**

A ces scories viennent s'ajouter :

- **des fragments plats de scories.** Les 58 éléments sélectionnés représentent 0,6 % en masse du refus de tamis, 2,1 % de la fraction identifiée.

- **des battitures plates.** Les **565 éléments** représentent un peu moins de 1 % (0,8 %) du refus de tamis, 2,8 % de la fraction identifiée.

- **des battitures billes.** Les **418 éléments** représentent 1,4 % de la masse du refus de tamis, 4,8 % de la masse des éléments identifiés. On compte 12 éléments de plus de 1,5 mm.

Ces deux derniers rejets montrent l'existence d'un travail de post-réduction à température élevée.

- Fraction non magnétique.

Celle-ci renferme l'ensemble des éléments énoncés, sauf du minerai grillé et des moellons d'argile orange.

c) fraction inférieure à 0,5 mm collectée à la battée 'magnétique'

On observe la présence de nombreuses battitures plates et en billes dans cette fraction.

5.5 Echantillon de sédiment n°4

Echantillon	fraction sup 5 mm				total	total	fraction 0,5 à 5 mm			fraction inf 0,5 mm
	magnétique		non magnétique		nombre	masse	magnétique	non magnétique	magnétique	
unité: (g)	nombre	masse	nombre	masse			nombre	masse	présence	
scorie coulée dense-fayalite dominante	14	22,8	17	29,2	31	52,0	190	26,3	++	?
scorie légère grise à porosités - semi fayalitique	0	0	4	2,2	4	2,2	0	0	+	?
scorie assez légère ferrugineuse à oxydes de fer dominants	152	309,7	0	0	152	309,7	518	69,6	0	?
fragment plat proche battiture, mais réduction possible	1	0,6	0	0	0	0	58	2,3	0	?
battitures plates	0	0	0	0	0	0	565	3,1	2 (inf à 0,1g)	++++
battitures billes	0	0	0	0	0	0	418	5,0	7 (0,4g)	+++
scorie légère à vitrification noire - siliceuse	0	0	0	0	0	0	46	3,1	+	?
part résiduelle non différenciée	0	0	0	0	0	0	-	256,5	+++	?
paroi de four blanche cuites et très cuite	0	0	8	25,9	8	25,9	0	0	++	
moellons d'argile cuite orange et grise	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
minerai grillé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
charbon de bois	0	0	0	0	0	0	0	0	+++	
pierres	0	0	1	1,0	1	1,0	0	0	+++	
paillettes de mica	0	0	0	0	0	0	0	0	+	
total:	167	333,8	30	58,3		392,1	1795	366		
Echantillon	pourcentage fraction sup 5 mm						fraction 0,5 à 5 mm			
N°2	magnétique		non magnétique			total:	magnétique			
ratios en pourcentage		masse		masse		masse		masse	masse identifiée	
scorie coulée dense-fayalite dominante		5,8%		7,4%		13,26%		7,2%	24,0%	
scorie légère grise à porosités - semi fayalitique		0		0,6%		0,56%		0,0%	0	
scorie assez légère ferrugineuse à oxydes de fer dominants		79,0%		0		78,98%		19,0%	63,6%	
fragment plat proche battiture, mais réduction possible		0,2%		0		0		0,6%	2,1%	
battitures plates		0		0		0		0,8%	2,8%	
battitures billes		0		0		0		1,4%	4,6%	
scorie légère à vitrification noire - siliceuse		0		0		0		0,8%	2,8%	
part résiduelle non différenciée		0		0		0		70,1%	0	
paroi de four blanche cuites et très cuite		0		6,6%		6,61%		0	0	
moellons d'argile cuite orange et grise		0		0		0		0	0	
minerai grillé		0		0		0		0,0%	0	
charbon de bois		0		0		0		0	0	
pierres		0		0,3%		0,26%		0	0	
paillettes de mica		0		0		0		0	0	
total:		85,0%		14,9%		98,5%		100,0%	0	

Tab. 6 : étude qualitative et quantitative de l'échantillon de sédiment n°4.

a) refus de tamis supérieur à 5 mm

- La part des éléments répondant partiellement ou totalement à l'aimant est uniquement constituée de scories coulées denses, de scories grises poreuses, d'une scorie vitrifiée noire (0,8 g) et d'un petit bloc de minerai grillé (1,1 g).

Les scories coulées denses sont largement majoritaires (81 % de la masse du refus). Seulement 7,6 % d'entre elles répondent à l'aimant. Parmi celles-ci, on compte plusieurs scories coulées à section en « V » typiques des écoulements du bas fourneau. On note une scorie de forme sphérique de 7 mm de diamètre (0,6 g), fayalitique à rapprocher également de l'opération de réduction.

Les scories grises et poreuses représentent 4,4 % du refus de tamis. Elles répondent presque toutes à l'aimant.

Les scories rouille et poreuses n'ont pas été différenciées des précédentes.

- Les éléments restants, non attirables à l'aimant comprennent outre les scories denses précédemment décrites, quelques blocs d'argile blanche cuite ou très cuite (3,5 % de la masse du refus), du charbon de bois (1,5 %) qui atteint 2 cm de long et des pierres (2,4 %) essentiellement constituées de quartz blanc laiteux ou fumé érodés, de module moyen proche de 1 cm, pour 9,9 g.

b) refus de tamis compris entre 0,5 mm et 5 mm

- Seule la fraction 'magnétique' a fait l'objet d'un tri partiel. Après sélection des éléments identifiables, la part résiduelle non différenciée représente 49 % en masse du refus de tamis compris entre 0,5 mm et 5 mm.

Dans la fraction 'magnétique' identifiée, on rencontre :

- **159 scories denses, très majoritaires**, représentant 24,5 % en masse de la fraction 'magnétique', 50 % de la fraction 'magnétique' identifiée.

- **60 scories grises poreuses** représentant 10 % en masse de la fraction 'magnétique', 50 % de la fraction 'magnétique' identifiée.

- **2 scories rouille poreuses** représentant 0,2 % en masse de la fraction 'magnétique', 0,4 % de la fraction 'magnétique' identifiée.

- **69 scories plates** provenant plus probablement d'éclats de scories de réduction, représentent 2,8 g, soit 12 % de la masse des éléments identifiés (6 % du refus de tamis).

- **468 battitures plates**, qui représentent 10 % de la masse des éléments identifiés (5% de la masse du refus de tamis).

- **251 battitures billes**, qui représentent 5,5 % de la masse des éléments identifiés (2,7 % de la masse du refus de tamis).

- La fraction non 'magnétique' en dehors des petits fragments de scories difficiles à classer, comporte essentiellement des petits grains de quartz émoussés et des petits fragments de charbon de bois.

c) fraction inférieure à 0,5 mm collectée à la battée 'magnétique'

Des battitures plates de très petites dimensions sont reconnaissables dans la masse poussiéreuse brunâtre collectée.

5.6 Echantillon de sédiment n°5

Echantillon	fraction sup 5 mm				total		fraction 0,5 à 5 mm		fraction inf 0,5 mm	
	magnétique		non magnétique				magnétique		non magnétique	magnétique
unité: (g)	nombre	masse	nombre	masse	nombre	masse	nombre	masse	présence	présence
scorie coulée dense-fayalite dominante	19	55	80	355,6	99	410,6	135	17,5	++	?
scorie légère grise à porosités -semi fayalitique	9	4,7	0	0	9	4,7	48	5,2	0	?
scorie assez légère ferrugineuse à oxydes de fer dominants	14	17,8	0	0	14	17,8	1	inf à 0,1g	0	?
fragment plat proche battiture, mais réduction possible	0	0	0	0	0	0	18	1,7	0	?
battitures plates	0	0	0	0	0	0	149	2,4	0	+++
battitures billes	0	0	0	0	0	0	436	2,6	+	+++
scorie légère à vitrification noire - siliceuse	0	0	0	0	0	0	4	inf à 0,1g	0	0
part résiduelle non différenciée	0	0	0	0	0	0	-	60,0	0	0
paroi de four blanche cuites et très cuite	0	0	4	1,4	4	1,4	0	0	+	0
moellons d'argile cuite orange et grise	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0
minerai grillé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
charbon de bois	0	0	34	5,4	0	0	0	0	+++++	0
pierres	0	0	0	0	0	0	0	0	++	0
paillettes de mica	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0
total:	42	77,9	118	362,4	126	434,5	791	89,4		
Echantillon	pourcentage fraction sup 5 mm				total:		fraction 0,5 à 5 mm			
N°2	magnétique		non magnétique				magnétique			
ratios en pourcentage		masse		masse	masse			masse	masse identifiée	
scorie coulée dense-fayalite dominante		12,5%		80,8%	93,3%			19,6%	24,0%	
scorie légère grise à porosités -semi fayalitique		1,3%		0	1,3%			5,8%	0	
scorie assez légère ferrugineuse à oxydes de fer dominants		4,9%		0	4,9%			0	63,6%	
fragment plat proche battiture, mais réduction possible		0		0	0			1,9%	2,1%	
battitures plates		0		0	0			2,7%	2,8%	
battitures billes		0		0	0			2,9%	4,6%	
scorie légère à vitrification noire - siliceuse		0		0	0			0	2,8%	
part résiduelle non différenciée		0		0	0			67,1%	0	
paroi de four blanche cuites et très cuite		0		0,4%	0,4%			0	0	
moellons d'argile cuite orange et grise		0		0	0			0	0	
minerai grillé		0		0	0			0	0	
charbon de bois		0		1,5%	1,5%			0	0	
pierres		0		0	0			0	0	
paillettes de mica		0		0	0			0	0	
total:		18,70%		82,6%	101,3%			100,0%	0	

Tab. 7 : étude qualitative et quantitative de l'échantillon de sédiment n°5.

a) refus de tamis supérieur à 5 mm

- La part des éléments répondant partiellement ou totalement à l'aimant est uniquement constituée de scories coulées denses, de scories grises et rouille poreuses.

Les scories coulées denses sont à nouveau largement majoritaires (81 % de la masse du refus). Seules 13 % d'entre elles répondent à l'aimant.

Parmi celles-ci, on compte 3 scories en cylindre, 1 cordon vertical, 1 scorie en plaquette typique dans la fraction non magnétique, et 1 scorie cylindrique dans la fraction magnétique. On note que les scories qui répondent à l'aimant présentent un aspect plus 'fripé' et plus poreux.

Les scories grises et poreuses représentent 1,3 % du refus de tamis. Elles répondent toutes à l'aimant.

Les scories rouille et poreuses représentent 4,9 % du refus de tamis. Elles répondent toutes à l'aimant.

- Les éléments restants, non attirables à l'aimant ne comprennent, outre les scories denses précédemment décrites, que quelques blocs d'argile blanche cuite ou très cuite (0,4 % de la masse du refus), du charbon de bois (1,5 %, pour 5,4 g)

b) refus de tamis compris entre 0,5 mm et 5 mm

- Seule la fraction 'magnétique' a fait l'objet d'un tri partiel. Après sélection des éléments identifiables, la part résiduelle non différenciée représente 67 % en masse du refus de tamis compris entre 0,5 mm et 5 mm.

Dans la fraction 'magnétique' identifiée, on rencontre :

- **139 scories denses, très majoritaires**, représentant 20 % en masse de la fraction 'magnétique', 59,5 % de la fraction 'magnétique' identifiée.

- **48 scories grises poreuses** représentant 6 % en masse de la fraction 'magnétique', 18 % de la fraction 'magnétique' identifiée.

- **1 scorie rouille poreuse** inférieure à 0,1 g

- **18 scories plates** provenant plus probablement d'éclats de scories de réduction, représentent 1,7 g, soit 6 % de la masse des éléments identifiés (2 % du refus de tamis).

- **149 battitures plates**, qui représentent 8 % de la masse des éléments identifiés (3 % de la masse du refus de tamis).

- **436 battitures billes**, qui représentent 9 % de la masse des éléments identifiés (3 % de la masse du refus de tamis). Dans la fraction non 'magétique', on compte seulement 5 billes représentant moins de 0,1 g, dont 2 approximatives, fayalitiques, 1 vitrification noire et 2 autres éléments bien sphériques.

Il faut souligner ici la proportion élevée de battitures billes par rapport aux battitures plates, qui est a priori plus élevée que dans le cas d'une forge. Ce ratio est susceptible de constituer un argument discriminant pour identifier un travail de réduction.

- La fraction non 'magnétique' en dehors des petits fragments de scories difficiles à classer, comporte 71 fragments de scorie de réduction (8,2 g), de petits fragments de charbon de bois en quantité très élevée (difficile à comptabiliser compte tenu de la masse de sédiment non magnétique à trier : 133,2 g), et des petits grains de quartz émoussés (1,9 g)

Les scories écoulées denses, plus résistantes que les scories poreuses, fournissent peu de petits fragments.

c) fraction inférieure à 0,5 mm collectée à la battée ‘magnétique’

Des battitures billes de très petites dimensions sont reconnaissables dans la masse poussiéreuse brunâtre collectée.

5.7 Conclusions

a) méthode de tri magnétique

On constate que la part d’information intéressante pour le travail métallurgique est quasi exclusivement portée par la fraction magnétique de l’échantillon. Seules 7 battitures billes sur 425 et 2 battitures plates sur 567 ne répondant pas à l’aimant ont été relevées dans le cas de l’échantillon n° 3. Dans le cas de l’échantillon n° 5, seules 5 billes non ‘magnétiques’ ont été identifiées sur 441. Deux d’entre elles ont un faciès très fayalitique et ne sont qu’approximativement sphériques, un exemplaire a l’aspect d’une vitrification noire, les deux derniers éléments seulement sont par contre des billes bien formées.

De ce fait, après vérification de l’existence ou non d’éléments spécifiques, il semble légitime de ne pas se préoccuper plus avant de la fraction non magnétique de l’échantillon dans l’étude des sédiments de la zone de travail d’épuration.

b) forgeage d’élaboration

Aucun objet ou fragment d’objet en fer identifiable n’a été reconnu dans les prélèvements effectués.

Ceci constitue un des arguments qui tend à montrer que l’on ne fabrique pas d’objets finis sur place.

c) distinction des opérations de post-réduction

On considère souvent que l’on différencie bien les déchets de réduction de ceux de post-réduction, mais qu’il est difficile, voire impossible de distinguer les culots et battitures issus des opérations d’épuration de ceux de mise en forme (Fluzin, Ploquin et Serneels, 2000). Dans la mesure où tout porte à croire que le forgeage d’objets est absent (ou quasi absent) sur le site, la description des déchets mis au jour dans l’atelier, est susceptible de servir de base de référence pour aider à opérer cette distinction. On constate que la proportion de battitures sphériques par rapport aux battitures plates est très élevée.

Pour les 4 échantillons étudiés les ratios sont les suivants :

	battitures plates	battitures billes	ratio billes/plates	battitures plates	battitures billes	ratio billes/plates
	nombre	nombre	nombre	masse	masse	masse
Ech.2	109	106	0,97	2,2	0,7	0,32
Ech.3	565	418	0,74	3,1	5	1,61
Ech.4	468	251	0,54	2,4	1,3	0,54
Ech.5	149	436	2,93	2,4	2,6	1,08

Tab. 8 : nombre et proportion de battitures plates et en bille des 4 échantillons de sédiment.

Le ratio en masse est élevé. Il paraît cependant plus aléatoire du fait de l'importance que peut prendre une battiture de dimension conséquente au sein d'un échantillon de battitures de faibles dimensions.

Le ratio en nombre est compris entre 0,5 et 3. **L'échantillon n° 5**, qui paraît le plus représentatif de ces opérations d'épuration est également celui qui a l'indice le plus élevé : **3 fois plus de battitures billes que de battitures plates (!)**.

Certains secteurs de l'aire de travail d'épuration ont volontairement été laissés en réserve, afin de pouvoir reprendre la fouille après l'établissement d'un protocole, à élaborer à partir de cette première étude du mobilier métallurgique découvert. Il s'agit notamment de la moitié ouest de la tranchée sondage nord de 1999, de la zone située entre celle-ci et les calages de poteaux est, sous la grande masse de charbon de bois mis au jour, de témoins situés dans les parties excavées au sud-est de l'atelier d'épuration et au nord de l'atelier, dans la partie centrale.

6. TUYERES

6.1 Tuyère simple

Un morceau de paroi de four comportant un large orifice (Ty1) se trouvait en rejet dans le comblement de la zone de travail d'épuration, dans une couche charbonneuse contenant de nombreuses scories, reposant directement sur l'argile jaune du substrat (photo n° 110, fig. 21). Elle se trouvait associée à un petit amas de pierres non structuré. La longueur de la partie cylindrique conservée est de 6 cm. Le diamètre de la tuyère est de **9 cm**. Compte tenu de cette forte dimension, de la cuisson à haute température de cette paroi d'argile dont l'argile blanche à dégraissant de quartz contient certainement de la mullite, et la face exposée à la charge ferrugineuse a en partie fondue et pris une teinte mauve caractéristique, **on peut attribuer ce fragment de tuyère au dispositif de ventilation du bas-fourneau.**

Cet élément vient confirmer la forte dimension du passage des vents ménagée pour le fonctionnement de ce type de four, qui avait pu être proposée à partir de deux fragments de tuyère découverts respectivement, en prospection sur le ferrier de Pilleverte, et sur le site de même nature de La Colombière, situé à 400 m du site de Pilleverte (Vivet, 1997 et 2008). Dans le premier cas, il s'agit d'une paroi de grande épaisseur dans laquelle on a pratiqué une ouverture ovalisée de 13 cm selon son grand axe. Dans le second cas, on a affaire à un conduit cylindrique scoriacé de toutes parts, de diamètre intérieur 4,5 cm et de diamètre extérieur égal à 11,8 cm. Du point de vue dimensionnel, on peut envisager que le conduit puisse se placer à l'intérieur de l'orifice de paroi précédent, mais cette disposition éventuelle demande à être prouvée, d'autant que les éléments en question sont relativement érodés.

La paroi à orifice trouvée cette année, n'est pas tout à fait assez grande pour recevoir un conduit de ventilation de cette dimension.

L'ordre de grandeur du diamètre de ces passages de 'vents' se situe autour de 10 cm, ce qui très largement supérieur à celui des conduits bifides des blocs tuyères décrits ci-après. Les deux dispositifs sont bien distincts.

Les caractéristiques en forme et diamètre de l'élément Ty1 mis au jour à Pilleverte, et celles des événements encore en place dans la structure de l'un des bas fourneaux du site de Roche Brune (situés à l'angle droit de l'axe d'ouverture du four), sont d'apparences très semblables (Sarreste, 2008, p.389-390).

6.2 TUYERES BLOCS BIFIDES

6.2.1 Répartition spatiale et fonction

Une des découvertes les plus étonnantes et remarquable de cette opération fut la mise au jour d'un peu plus d'une centaine d'éléments (106) appartenant à des tuyères blocs bifides (photos n° 111 à 125), dont on peut estimer le nombre minimum d'individus (NMI), après recollage des fragments, au voisinage de **80 exemplaires.**

La répartition spatiale des blocs tuyères découverts montre que celles-ci sont pratiquement toutes issues de la moitié nord du bâtiment sur poteaux (fig. 19). L'observation de leur distribution amène également une autre constatation intéressante. A des niveaux stratigraphiques souvent divers, on constate qu'un nombre très conséquent de tuyères se trouve disposé précisément selon les alignements de poteaux nord et ouest. Cet effet de paroi suggère fortement que le bâtiment devait être fermé dans cette partie, et que les travailleurs du fer ont du rejeter celles-ci, lorsqu'elles étaient hors d'usage, contre les cloisons de la construction.

Les quelques exemplaires mis au jour en dehors de cet espace proviennent :

- pour deux d'entre eux dans la fosse de rejet 1401 au nord du bâtiment (TBF 62 et 63)
- pour l'un d'entre eux dans la fosse de rejet 1402 au nord du bâtiment (TBF 64)
- pour deux d'entre eux dans la prolongation nord ouest de la fosse de travail du bas fourneau (TBF 30 et 31). Il faut y ajouter dans ce secteur l'unique exemplaire très conservé découvert en 1999.
- pour l'un d'entre eux, sous le volumineux amas de parois de four venant de l'accumulation de ces rejets, reposant sur la croûte ferrugineuse se trouvant à la base de l'amoncellement, au sud du flanc de la fosse de travail du bas fourneau (TBF 3).

Compte tenu de la position de découverte de la très large majorité de ces éléments sur le lieu même du travail de reprise du métal, on peut donc raisonnablement en conclure, pour répondre à la problématique que posait leur association récurrente sur les ferriers de production gallo-romains à scories en plaquettes, évoquée pour Pilleverte (Vivet, 2008) et 'Roche Brune' en Sillé-le-Guillaume (Sarreste, 2008), que **ces tuyères blocs ne participent pas à la ventilation du bas fourneau pour la réduction du minerai, mais sont ostensiblement dédiés au travail de post-réduction.**

6.2.2 Typologie

La partie en entonnoir, côté soufflet, étant moins exposée à la chaleur, se trouve souvent peu cuite. Elle est, par ailleurs, sujette aux débattements de l'instrument. Pour ces différentes raisons elle se trouve, la plupart du temps, détruite. Seuls deux exemplaires illustrent bien ce côté des blocs-tuyères (TBF 67 et 87). L'extrémité ou face au feu, côté foyer, est la plupart du temps scoriacée, voire même en partie fondue, et se trouve, de ce fait, souvent conservée avec ses deux conduits divergents.

Les caractéristiques dimensionnelles ont été mesurées en s'appuyant sur les grandeurs de référence positionnées sur le schéma de principe utilisant la forme complète de l'exemplaire trouvé en 1999 (fig. 21).

Ces objets en argile peuvent présenter différentes formes, mais cette typologie formelle aboutit à une classification quelque peu floue, qui rend sans doute plus compte du facteur humain de façonnage que d'une recherche de standardisation de l'aspect fini de l'objet. Pour avoir testé au cours de sessions expérimentales le modelage d'un tel objet en grande partie évidé, on s'aperçoit qu'il n'est pas si facile à réaliser. Les contraintes liées, au savoir-faire personnel, au degré d'humidification de l'argile et aux conditions de séchage, peuvent aboutir à des résultats assez différents les uns des autres.

On constate malgré tout quelques formes récurrentes dans les tuyères mises au jour ; elles concernent essentiellement leur section verticale, ainsi que l'allure de la face au feu :

- bloc tuyère à section ovale (29 exemplaires)
- bloc tuyère à section ronde (4 exemplaires)
- bloc tuyère à section pseudo-rectangulaire (26 exemplaires)
- bloc tuyère à section pseudo-rectangulaire rétractée (7 exemplaires)
- tuyère bloc à section pseudo-carrée (1 exemplaire)

Les faces exposées au feu peuvent elles-mêmes se présenter sous la forme :

- d'un plan vertical (9 exemplaires)
- d'un dièdre dont l'angle est aigu ou plus évasé (6 exemplaires)
- d'une partie en relief évoquant un 'museau', au sein duquel débouchent les deux conduits divergents (10 exemplaires)

Les sections verticales de forme arrondie et celles d'allure quadrangulaire se rencontrent en proportion équivalente (respectivement 33 et 34 exemplaires) parmi les éléments d'allure interprétable. Les faces au feu reconnaissables, quant à elles, se partagent globalement entre les 3 formes distinguées ('museau', dièdre, et vertical - ou fortement redressée).

Seuls quelques exemplaires ont vu l'argile de leur face au feu fondre et leur conduit se boucher ou être obturé par des matières ferrugineuses, ce qui a pu conduire à leur rejet. Cependant le facteur déterminant qui a amené leur éviction est visiblement plus fortement lié à leur grande fragilité.

6.2.3 Caractéristiques dimensionnelles et fonctionnelles

Le tableau suivant synthétise l'ensemble des caractéristiques dimensionnelles principales des blocs-tuyères bifides (tab. 10).

a) Longueur des blocs- tuyères entre sa face au feu et sa face arrière (L) :

La longueur maximale atteinte est de **13,8 cm** pour un bloc bien conservé (TBF 45). La moyenne des valeurs mesurables sur 28 exemplaires se situe à 7,4 cm. Les valeurs sont relativement centrées autour de cette moyenne (écart-type de 1,9 cm). Les mesures concernent essentiellement la partie scoriacée, qui a permis leur conservation. Ainsi qu'on l'a vu, elles sont amputées dans presque tous les cas de la longueur de la partie essentielle de l'entonnoir où l'on positionne le soufflet, et ne reflètent donc pas la longueur hors-tout de l'instrument.

b) Largeur des blocs-tuyères (l) :

La largeur moyenne mesurée sur 28 exemplaires donne une valeur de **7,5 cm**. Les valeurs sont relativement centrées autour de cette moyenne (écart-type de 1,4 cm). La plus grande valeur atteint cependant **14,8 cm**.

c) Hauteur des blocs-tuyères (H) :

La moyenne des hauteurs, mesurables sur 10 exemplaires est de 8,5 cm. Les valeurs sont assez centrées autour de cette moyenne (écart-type de 1,3 cm). La plus grande valeur atteint **11,1 cm**.

d) diamètre des conduits (D1 et D2)

Le diamètre moyen des conduits droits (cote D1), mesuré sur **72** exemplaires est de 1,76 mm ; celui des conduits gauche (cote D2), mesuré sur **69** exemplaires est de 1,72 mm. Les valeurs entre les deux conduits d'un même bloc tuyère sont en général extrêmement proches. On ne constate pas de dissymétrie entre eux, au contraire, ils semblent bien façonnés à l'aide du même ustensile. On peut considérer par suite qu'en moyenne les conduits divergents des blocs-tuyères de Pilleverte ont un **diamètre de 1,74 cm** (sur 141 mesures).

Les valeurs maximales et minimales rencontrées pour les conduits droits et gauches sont respectivement :

- 2,10 cm et 1,12 cm

- 1,96 cm et 1,13 cm

L'écart-type calculé sur les conduits droits et les conduits gauches est sensiblement identique : respectivement **0,14 et 0,13 mm**. On constate surtout qu'il est très faible. **Le façonnage de ces conduits est certainement réalisé en employant une tige de bois calibrée.**

n°	L	I	H	forme section et inclinaison face au feu	diam1	diam2	L1	L2	angle	h1	h2	inclin1	inclin2
	(cm)	(cm)	(cm)		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	degré	(cm)	(cm)	degré
TBF 01	7,8	13	9,5	ovale	1,66	1,61	5	6,5	34°	3,2	3,3	15°	14°
TBF 02	12	11	4,5	quadrangulaire	1,66	1,68	7,3	5,9	27,5°	1,5	2,5	18°	16°
TBF 03	6,9	12,3	9,5	quadrangulaire	1,90	1,79	6,0	5,8	37°	0,7	1,0	34,5°	25,5°
TBF 04	7,5	11,3	8,0	ovale	1,71	1,71	7,5	7,2	27,5°	1,8	2,3	18°	14°
TBF 05	9,5	11,6	9,9	ovale	1,73	1,78	5,4	5,9	29°	1,4	1,6	23°	18,4°
TBF 06	7,2	11,7	9,0	ovale	1,70	1,85	4,4	4,9	37,5°	3	3,5	18°	20°
TBF 07	10,5	12,3	10,4	ovale	1,73	1,79	4,9	5,1	29°	2,9	3,2	17,7°	20°
TBF 08	7,8	11,3	9,2	ovale	1,92	1,75	5,3	4,3	26°	1,2	1,8	5°	7°
TBF 09	5,7	11,9	7,2	ovale	1,78	1,74	5,3	5,1	31°	1,4	1,2	19°	37°
TBF 10	9,5	11,8	?	base quadrangulaire	2,00	1,87	4,7	6,7	43°	2,1	1,9	27,8°	21,5°
TBF 11	9,8	x	8,4	base quadrangulaire	1,76	x	5,7	4,5	37°	2	x	x	x
TBF 12	4,5	x	x	base ovale	cassure	1,67	x	4,5	x	x	3,2	x	12°
TBF 13	8,8	x	8,0	base ovale	2,10	x	6,1	x	x	0,6	x	x	x
TBF 14	4,2	x	x	base ovale	1,73	x	2,8	x	x	2,2	x	x	x
TBF 15	6,9	x	x	base quadrangulaire	x	1,70	3,7	5,3	42°	3	1,9	x	27,5°
TBF 16	7,5	x	3,8	base quadrangulaire/museau	1,80	1,87	3,7	4,5	28°	0,8	2,5	18,5°	x
TBF 17	5	9	10,2	carré	1,65	1,64	4,2	4,9	26°	2,3	1,7	(-) 3,5°	(-) 0,8°
TBF 18	6,7	x	10,9	ronde à ovale	1,70	1,70	3,3	4,2	32°	3	3	x	x
TBF 19	10,2	9,8	7,7	museau	1,82	x	10,4	5,4	37,5°	2	4,2	0°	x
TBF 20	6,5	x	x	base quadrangulaire	1,62	x	5,7	x	x	1,5	2,3	25°	x
TBF 21	6,3	12,3	x	base ovale	x	1,69	4,5	4,4	34°	0,7	0,7	x	x
TBF 22	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
TBF 23	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
TBF 24	6,3	11,1	4,6	museau	1,55	1,55	4,1	4,3	29,5°	2,5	2,2	8°	12°
TBF 25	x	x	x	dièdre	1,6	1,6	5,9	7,3	44°	2,2	2,0	10°	9,5°
TBF 26	6,7	12,7	10,6	quadrangulaire ou carré	1,80	1,82	4,7	4,5	27°	3,0	3,7	1°	1°
TBF 27-28	4,5	10,7	5,7	museau	1,80	1,59	4,3	4,0	23°	2,4	1,5	10°	16°
TBF 29	3,9	4,9	7,7	base ovale	x	1,6	3	4,8	41°	2,5	2,1	18°	13°
TBF 30	7,3	10,8	7,9	quadrangulaire	1,51	1,53	30	4,5	5,5°	0,8	0,4	10°	8°
TBF 31	5,5	11,8	7,3	quadrangulaire/museau (?)	1,12	1,13	3,8	2,0	18°	3,5	3,4	(-) 1,5°	(-) 0,5°
TBF 32	8,3	10,2	10,1	ronde	1,75	1,72	5,7	6,4	27°	3,5	3,2	(-) 6°	(-) 9°
TBF 33	7,5	12,1	11,1	ronde	1,78	1,75	5,2	4,7	37°	2,5	1,4	16°	17,5°
TBF 34	9,8	11,8	x	base ovale/ronde	1,87	1,87	5,3	5,1	30°	2,6	2,3	12°	15°
TBF 35	5,5	x	5,8	quadrangulaire-base museau	1,88	x	4,6	x	x	2,0	x	15°	x
TBF 36	6,2	x	x	base quadrangulaire	1,86	x	4,4	x	x	1,7	x	12°	x
TBF 37	7,1	x	x	x	1,90	x	4,2	x	x	x	x	x	x
TBF 38	5,8	x	x	quadrangulaire/base museau ?	x	1,82	x	3,4	x	x	1,1	x	21,5°
TBF 39	8,7	x	7,0	pseudorectangulaire rétractée/museau	1,71	1,73	5,1	5,7	35°	1,2	1,2	29°	15,5°
TBF 40	6,7	11,3	x	base plate-pseudorectangulaire à ovale	1,70	1,76	1,5	2,4	41°	2,1	1,6	x	x
TBF 41	8,8	12,2	10,1	ovale	1,74	1,55	6,3	5,3	33°	3,2	4,6	11°	2,3°
TBF 42	11,1	12,5	9,5	ovale	1,68	1,73	4,1	5,7	32°	4,0	2,7	3°	4°
TBF 43	7,5	10,3	7,8	ovale	1,71	1,75	4,1	5,0	25°	2,5	1,5	21,5°	22,5°
TBF 44	6,6	x	x	x	1,70	x	4,3	x	x	1,3	x	x	x
TBF 45	13,8	11,6	8,3	ovale à pseudorectangulaire retractoré	1,80	1,67	8,1	7,5	22°	1,7	2,9	19°	10°
TBF 46	10,0	11,3	9,1	base pseudorectangulaire retractoré-haut rond	1,83	1,74	7,3	8,4	29,5°	1,4	1,2	17°	20°
TBF 47	5,0	9,5	7,1	quadrangulaire ou carré	2,03	1,95	3,2	3,7	29°	2,8	1,9	14°	12°
TBF 48	5,1	9,2	x	museau ?	1,85	1,85	2,6	2,7	39°	0,5	0,3	29°	27°
TBF 49	5,4	x	x	base ovale ?	x	1,80	x	2,9	x	x	1,4	x	35
TBF 50	8,6	x	x	x	1,65	x	5,7	2,2	34°	2,8	2,5	15,5°	x
TBF 51	5,4	11,3	7,7	quadrangulaire/façade redressée	1,69	1,66	3,8	4,3	33°	1,5	2,5	5°	1°
TBF 52	7,9	x	x	museau incliné	1,70	1,73	4,6	5,9	28°	1,7	2,1	10°	6°
TBF 53	7,20	x	x	x	x	x	5,90	x	x	x	x	x	x
TBF 54	8,2	12,3	9,8	ovale/face verticale	1,55	1,55	6,1	6,9	30°	2,7	3,0	14°	12°
TBF 55	11,2	5,5	x	base pseudorectangulaire rétractée	x	1,75	x	6,3	x	x	0,7	x	24,5°
TBF 56	6,5	x	x	x	2,00	x	6,2	x	x	3,1	x	(-) 4°	x

Tab. 10 : Caractéristiques dimensionnelles et typologiques des blocs-tuyères.

n°	L	I	H	forme	diam1	diam2	L1	L2	angle	h1	h2	inclin1	inclin2
TBF 57	10,5	14,8	10,5	quadrangulaire en partie rétractée	x	1,80	5,5	8,8	30°	1,5	2,5	x	11°
TBF 58	8,5	x	8,3	côté haut gauche conservé	1,81	x	6,8	x	x	x	x	x	x
TBF 59	6,1	x	x	dièdre aigu	x	1,5	x	4,8	x	x	x	x	x
TBF 60	3,7	x	x	x	x	x	x	3,2	x	x	x	x	x
TBF 61	6,3	x	x	x	x	1,85	x	4,7	x	x	x	x	x
TBF 62	7,9	11,8	9,3	ovale/face verticale	1,66	1,61	4,8	4,5	33,5°	2,7	3,0	1°	(-) 2,5°
TBF 63	8,6	x	x	x	x	1,61	x	4,7	x	x	x	x	x
TBF 64	7,0	12,0	8,5	quadrangulaire	1,82	1,76	5,2	4,9	40,5°	2,1	2,6	11°	10,5°
TBF 65	x	x	x	x	x	x	4,2	4,0	30°	x	x	x	x
TBF 66	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
TBF 67	9,2	12,1	8,8	ovale	1,96	1,96	6,6	6,1	32°	1,6	2,2	13°	16,5°
TBF 68	7,3	12,0	6,2	base quadrangulaire en partie rétractée	1,76	1,76	4,7	5,8	32°	1,7	3,0	15°	4,5°
TBF 69	11,3	11,3	x	quadrangulaire	1,84	1,59	6,3	7,4	37°	1,1	1,5	19°	17°
TBF 70	6,0	10,9	9,4	ovale/face verticale	1,91	1,96	3,0	4,6	4,2°	1,9	2,1	25,5°	24°
TBF 71	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
TBF 72	9,8	x	x	base quadrangulaire	1,83	x	6,3	6,7	33°	1,2	0,8	15,5°	17°
TBF 73	4,8	x	6,2	museau	1,87	1,73	5,1	3,7	31°	1,5	0,3	16,5°	20,5°
TBF 74	9,4	x	10,9	ovale/façade redressée	1,55	1,55	3,9	4,3	21°	2,5	3	1,5°	(-) 4°
TBF 75	7,1	x	x	quadrangulaire/biseau (dièdre aigu)	x	1,84	1,8	2,0	25°	1,6	2,0	23°	19°
TBF 76	6,0	x	7,5	base ovale à pseudorectangulaire rétractée	1,72	1,73	5,5	5,8	35°	2,3	1,9	14°	10°
TBF 77	7,9	x	x	base droite conservée	x	1,93	3,3	3,9	20°	x	2,7	x	12°
TBF 78	7,5	x	x	base droite conservée	1,90	x	4,4	3,5	32°	x	2,7	x	14°
TBF 79	6,7	x	x	base gauche conservée	1,69	x	3,2	x	x	1,9	x	11°	x
TBF 80	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
TBF 81	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
TBF 82	x	x	x	biseau allongé	x	x	x	x	x	x	x	x	x
TBF 83	x	x	x	x	1,73	x	x	x	x	x	x	x	x
TBF 84	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
TBF 85	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
TBF 86	11,5	x	x	base quadrangulaire	1,71	1,75	5,8	5,2	34°	1,0	1,2	23°	26,7°
TBF 87	9,5	12,7	10,1	ovale/façade redressée	1,64	1,67	5,8	5,4	28°	3,1	3,0	11°	9,5°
TBF 88	9,3	12,0	x	quadrangulaire en partie rétractée	1,77	1,59	6,4	6,3	34°	1,0	0,9	30°	31°
TBF 89	5,3	11,7	7,8	ovale	1,84	1,74	3,5	3,3	23°	3	1,2	16°	41°
TBF 90	12,5	10,6	7,9	ovale/museau	1,9	1,75	5,2	5,5	33°	1,2	1,5	24°	23°
TBF 91	6,5	x	x	base plate, conduit gauche	1,7	x	x	x	x	1,4	x	x	x
TBF 92	7,8	11,9	x	quadrangulaire/face droite	1,75	1,77	5,0	5,0	25°	2,2	2,3	18°	11,5°
TBF 93	5,4	x	x	quadrangulaire	x	x	x	x	x	4,9	x	x	x
TBF 94	7,9	11,0	x	ovale	1,70	1,8	4,6	5,1	36°	3,4	2,7	8,7°	5°
TBF 95	4,9	x	7,6	quadrangulaire/façade bombée	1,82	1,83	3,1	2,7	42°	1,5	1,1	16°	18,7°
TBF 96	7,6	x	x	base ovale/biseau	1,73	x	2,8	2,9	27°	x	x	x	x
TBF 97	11,5	x	x	fragment, base pseudorectangulaire rétractée	x	1,82	3,3	4,5	58°	1,2	0,4	x	29°
TBF 98	5,4	x	x	base bombée-ovale/redressée au milieu	1,63	1,60	3,9	4,8	29°	3,5	2,6	10,5°	19°
TBF 99	5,4	x	x	ovale ou ronde/face verticale	1,74	x	4,1	x	x	3,6	x	0°	x
TBF 100	7,7	x	x	pseudorectangulaire rétracté	x	x	x	x	x	x	x	x	x
TBF 101	6,1	x	x	quadrangulaire/biseau asymétrique	x	1,71	x	4,5	x	x	x	x	x
TBF 102	6,5	x	x	x	1,75	x	4,6	x	x	x	x	x	x
TBF 103	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
TBF 104	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
TBF 105	x	x	x	x	x	1,69	x	x	x	x	x	x	x
TBF 106	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
moyenne:	7,43	7,50	8,54		1,76	1,72	4,83	4,93	31,1°	2,10	2,09	14,13	14,95
écart-type	1,87	1,35	1,40		0,14	0,13	1,5	1,4	8,1°	0,9	0,9	8,8	10,1
max:	13,8	14,8	11,1		2,10	1,96	10,4	8,8	58°	4,9	4,6	34,5	41,0
min:	x	x	x		1,12	1,13	1,5	2,0	4,2°	0,5	0,3	-6	-9

Tab. 10 : Caractéristiques dimensionnelles et typologiques des blocs-tuyères (suite).

e) longueur de conduit (L1 et L2)

La plus grande longueur de conduit conservée du côté droit est de **10,4 cm** (bloc tuyère bifide TBF 19 en 'museau' et façade très oblique. Du côté gauche, cette dimension s'élève à 8,8 cm. Les valeurs moyennes de ses dimensions, de même que les écarts types, sont sensiblement égaux des deux côtés, ce qui indique qu'il ne semble pas y avoir de dégradation systématique plus accentuée d'un côté plus que l'autre à l'utilisation de ces tuyères.

f) angle d'ouverture des conduits bifides (α)

La valeur moyenne de cet angle s'établit à **31,1°** sur les 66 exemplaires mesurés. Cette fois l'écart type est important ; il atteint 8,1°. **Les valeurs extrêmes sont très éloignées** : un peu plus de **4°** pour la plus faible à **58°** pour la plus élevée. On peut envisager deux raisons à cela : soit la zone de combustion nécessaire au réchauffage des masses de réduction en cours d'épuration n'a pas besoin d'être précise, soit au contraire il existe des catégories de tuyères adaptées à un travail sur de petites masses de matière métallique et d'autres destinées à des fragments de 'loupe' plus massifs. La question demanderait à être approfondie.

g) inclinaison des conduits gauche et droits par rapport à la base de la tuyère (i_1 et i_2) :

L'inclinaison moyenne des conduits gauche (i_1), mesurée sur 60 exemplaires est de **14,1°**. La variabilité est très forte (écart-type de 8,8°). L'inclinaison moyenne des conduits droits (i_2), mesurée sur 61 exemplaires est de **14,95°**. La variabilité est également très forte (écart-type de 10,1°). Ces valeurs sont très voisines entre le côté droit et le côté gauche. Compte tenu de ces écarts-types élevés, on peut situer une inclinaison moyenne des conduits, au voisinage de **14,5°**.

La moyenne est de 14,0° pour les tuyères arrondies, 15,7° pour les tuyères quadrangulaires, 13,5° pour les tuyères dont la face est en forme de 'museau' ou biseau. **Ces valeurs ne diffèrent donc pas fondamentalement en fonction de la forme des blocs-tuyères.**

La valeur maximale est de **34,5°** parmi les conduits gauches et **41°** parmi les conduits droits. Les valeurs minimales montrent des valeurs dont **l'inclinaison paraît même inversée** (légèrement vers le haut) ; elles sont respectivement de **-6° et -9°**.

Les valeurs d'inclinaison sont donc très diverses et ne paraissent pas constituer une donnée fondamentale de leur constitution. Cette orientation peut sans doute être réglée simplement en positionnant manuellement le bloc-tuyère dans l'espace charbonneux en fonction des besoins.

h) hauteur à laquelle débouchent les conduits bifides gauche et droit par rapport à la base (I1 et I2) :

La valeur moyenne, mesurée à partir de **73** exemplaires, des hauteurs à laquelle débouchent les conduits bifides gauches par rapport à la base (I1), est de **2,1 cm**. L'estimation (I2) sur les conduits droits, portant sur **68** exemplaires, aboutit à la même valeur de **2,1 cm**. L'écart-type est de 0,9 cm dans les deux cas. Les valeurs sont un peu plus élevées pour les tuyères de forme arrondie (2,4 cm) que pour les tuyères quadrangulaires (1,8 cm), mais cela tient certainement aux contraintes provenant justement de cette forme ronde qui oblige à rehausser cette hauteur sur les côtés.

Les valeurs révèlent en premier lieu une nette tendance à chercher une **symétrie** dans la position de soufflage entre les conduits droits et gauche, même si individuellement ce n'est pas toujours le cas, pour des raisons sans doute de difficulté de fabrication et de déformation au séchage et à la chaleur des blocs d'argile.

En second lieu, on peut penser que la **hauteur de soufflage** par rapport au niveau où repose le bloc-tuyère est une **donnée technique que l'on cherche à contrôler.**

7. PESONS

7.1 Conditions de découverte

Une série de pesons de taille inhabituelle a été découverte lors de la fouille (Tab. 14, fig. 31, photos n° 70, 126 à 130). Trois d'entre eux ont été mis au jour dans la fosse 1401 située au nord du bâtiment de travail. Parmi ceux-ci, deux sont presque intacts (PS1 et PS3) et le troisième est très majoritairement conservé (PS2).

La forme des deux premiers est nettement pyramidale, tandis que celle de ce dernier peut être qualifiée de pseudo-parallélépipédique. Par sa forme de pyramide tronquée, très analogue aux pesons PS1 et PS3, un quatrième élément de terre cuite conséquent (PS4) vient s'ajouter à ces derniers. Il a été trouvé au cours du décapage du site sous forme de deux fragments, qui ont pu être recollés entre eux, permettant de restituer sa forme spécifique.

7.2 Caractéristiques dimensionnelles

Site	Unité	N°	hauteur	Base	Sommet	diamètre orifice minimal	hauteur de l'axe du trou	ratio	masse
atelier	stratigraphique		H (cm)	L x l (cm)	L x l (cm)	D (mm)	h (cm)	h/H (%)	m (kg)
Pilleverte	Fosse 1401	pesons PS1	29,5	17 x 12,3	10,3 x 5,2	10,5	26	88	7,040
	Fosse 1401	pesons PS2	23,9	(11,5) x 9,2	11,3 x 5,5	19,5	18,5	77	4,290
	Fosse 1401	pesons PS3	22,5	13,5 x 13	9,3 x 5,2	16,5	16,8	75	4,660
	couche décapage	pesons PS4	(13,6)	(12,5 x 12)	(11 x 8,7)	/	/	/	(1,980 kg)
Tressé	1018	peson A	16,6	9,5 x 9,4	4,5 x 5,2	15	13	77	/
	7007	peson B	19,2	10 x 10	7,5 x 4	15	/	(78)	/
	5002	peson C	(2)	/	9,5 x 4,3	14	/	/	/

Tab. 14 : Caractéristiques dimensionnelles des pesons de Pilleverte et de l'atelier de Tressé (atelier de tuilier très proche).

Le plus imposant des pesons (PS1) a une hauteur qui atteint presque **30 cm**, pour une masse voisine de **7 kg** (Tab. 14). Tout en étant de forme différente, les pesons PS2 et PS3 ont des hauteurs très proches (24 cm et 23 cm respectivement). La masse de PS3, bien conservé, s'élève à **4,7 kg**.

Le peson PS4, dont on ne possède pas l'orifice supérieur très probable, possède un profil que l'on pourrait pratiquement superposer à celui de PS3. Sa masse résiduelle est de **4,3 kg**, et elle pourrait atteindre une valeur au moins égale à celle de PS3, si l'on tient compte des fragments manquants dans sa partie inférieure.

Sur les trois exemplaires bien conservés l'orifice de suspension (ou de fixation) a été percé à partir et au-delà des $\frac{3}{4}$ de la hauteur total du peson (ratio h/H dans le tableau). Paradoxalement, c'est le peson le plus lourd (PS1) qui a le diamètre de trou de suspension le plus petit (10,5 mm) et le plus près du sommet (ration de 88 %).

Les orifices ne montrent pas de trace d'usure particulière pouvant donner lieu à une interprétation quant au mode de suspension ou de fixation.

7.3 Fabrication

On constate que la pâte, la forme et la façon de ces objets de terre cuite est chaque fois suffisamment différente pour que l'on puisse considérer qu'il ne s'agit pas d'une série réalisée par une seule et même personne à une date donnée. Des contraintes de fonctionnement pourraient éventuellement justifier ces différences de facture, mais l'absence de témoins d'usure systématique n'oriente pas vers une telle interprétation.

L'argile utilisée pour leur confection, contenant majoritairement un dégraissant quartzueux (avec quelques cristaux de quartz blancs centimétriques parfois visibles en surface), comportant des variations de coloration et consistance de pâte importante, s'apparente fortement à celle des tegulae ou imbrices mis au jour localement.

Des occurrences de ce type ne sont pas monnaie courante et la recherche d'éléments similaires ayant été publiés demande à être poursuivie.

Néanmoins, on m'a rapporté l'existence d'un exemplaire semblable exposé au musée archéologique de Madrid (en Espagne). Il aurait été mis au jour lors de la fouille du lieu de travail d'un artisan boulanger gallo-romain, dans un contexte de conservation particulièrement bon. Son utilisation serait directement liée à celle du soufflet.

Sur le site de tuilier et potier, distant de 6 km de Pilleverte, qui a été fouillé par F. Le Ny sur la commune de Tressé, ce sont 4 pesons qui ont été découverts, dont 2 peuvent être considérés comme archéologiquement complets (Le Ny, 1993). La partie inférieure du tableau 14 permet les comparaisons. Bien que la taille de ces exemplaires soit légèrement inférieure à celle de Pilleverte, ils sont également de dimensions très respectables. Leur base et sommet, hauteur, diamètre d'orifice de suspension, et ratio de hauteur de ce orifice se rapprochent de ceux de Pilleverte.

Rien ne s'oppose à ce que l'atelier de tuilier proche, spécialisé dans le travail de l'argile, ait pu fournir les pesons mis au jour sur le site de Pilleverte. On recense le cas de Bordes en région Centre où ce type d'objet a été découvert dans un atelier de production céramique directement lié à un four de tuilier, et il est probable que les artisans de terres cuites architecturales aient pu produire une partie au moins des pesons (Ferdrières, 1984, p.224). Des marques au doigt entrecroisées observées sur le peson A de tressé, auraient peut-être pu conforter cette provenance. Les pesons de Pilleverte n'en comportent cependant pas.

7.4 Fonctionnalité

Au vu de la taille importante des pesons et du contexte de découverte, on peut donc émettre l'hypothèse d'une utilisation en tant que contrepoids d'un soufflet, destiné selon toute vraisemblance à la ventilation du bas fourneau et/ou des foyers d'épuration. Si l'on envisage un montage dans lequel le peson est solidarisé directement avec le soufflet, des formes planes seraient sans doute plus adaptées à cette disposition, ce qui n'est pas le cas, par exemple, du peson PS2, aux surfaces présentant un bombement important.

On pourrait s'attendre à ce que des marques d'usure aient subsisté sur les pesons au niveau de l'orifice qui reçoit le lien, par suite de son frottement répété sur l'argile façonnée, dans des conditions d'utilisation sévères. Leur absence pose question. Il faudrait sans doute se tourner vers un dispositif de renvoi de forces laissant le peson en suspension libre, ce qui ne donne pas non plus une solution très satisfaisante.

8. MOBILIER LITHIQUE A USAGE DE MINERALURGIE OU/ET DE METALLURGIE

Le nombre de fragments de meules découverts dans le sondage S1 se monte à 5 exemplaires. A celles-ci s'ajoute un bloc de pierre (L7), dont la fonction n'est pas totalement assurée, mais qui a pu servir d'enclume et/ou de broyeur. Le contexte dans lequel ont été mises au jour les meules et les témoins d'utilisation qu'elles comportent tendent à montrer que leur fonction n'est pas celle de meules à grain ordinaire, et que leur usage doit être recherché dans la chaîne opératoire métallurgique. Elles ont été façonnées dans des roches qui n'existent pas sur place, ce qui indique que le complexe technique fait appel à un environnement plus large.

8.1. Meule L3

Le bloc de pierre a été mis au jour à l'extrémité de la fosse de travail (fig.19, photo n°131) du bas fourneau, dans la couche située sous le sol de circulation final d'activité de l'atelier.

Il s'agit d'un fragment de meule en grès de Fréhel-Erquy (fig. 32, photo n° 131 à 134). Il comporte deux faces en dépression suggérant un travail de broyage intensif. L'une des faces est intégralement polie sur toute sa surface, ce qui laisse à penser qu'il a connu un premier stade d'utilisation sous la forme d'une meule rotative. Sa forme et épaisseur indiquent que l'on pourrait avoir à faire à un fragment de *catillus*, réemployé ensuite en pierre de broyage. Dans cette hypothèse, la forte fragmentation de la pierre ne permet pas de reconnaître le diamètre de la meule d'origine.

La face très polie comporte quelques tâches rouge-carmin pouvant être liées à un travail sur du minerai grillé. Elle comporte une surface dépressionnaire pseudo rectangulaire de 12 mm de profondeur, incluant deux cupules circulaires. L'une des deux cupules montre un léger effet de piquetage.

La face opposée, en dépression, montre aussi un poli sur l'ensemble de la surface non fracturée, au sein duquel on observe également une dépression quelque peu pseudo-rectangulaire, fortement marquée de points d'impact en grand nombre. Les petites anfractuosités du piquetage recueillent plus particulièrement un sédiment brun-carmin attribuable à nouveau à du minerai grillé. La profondeur de la cupule est de 10 mm. Cet état de surface évoque très fortement l'effet laissé par un travail de broyage.

Toujours sur cette surface, on note la présence d'une petite série d'accrochage gris-noir ayant l'aspect de coulures. Il s'agit visiblement de projections de gouttes de scories sur le bloc. Elles montrent que le bloc s'est bien retrouvé dans le secteur du bas fourneau et a pu être utilisé dans ce contexte avant son abandon définitif.

Latéralement une zone fracturée, en creux, recèle de même une grande quantité d'imprégnations brun-carmin, qui indique un usage très probable de percuteur pour un premier travail de fracture des blocs avant ajustement à un calibre plus petit à l'aide des deux faces précédentes (photo n° 133). La taille et la forme du bloc rendent possible un tel travail manuel.

Une autre face latérale se présente sous la forme d'un flanc arrondi. Il n'est pas interdit de penser que le fragment de meule soit un réemploi d'un *catillus* qui se serait fracturé. On sait que le nombre de découvertes de *catillus* est plus important que celui des *metae*, étant plus fragile que ces dernières pour des questions d'épaisseur, d'aménagements creusés dans la roche. Dans notre cas, on peut facilement imaginer que le broyage de matières minérales engendre une fatigue mécanique plus importante que dans le cas des céréales.

Compte tenu de la position finale de la mise au jour de la meule L3 (de même que pour la meule L5 décrite supra) en rejet à proximité de la fosse de travail du bas fourneau, elle a pu être employée à un ajustement final de la granulométrie de blocs de minerai grillé insuffisamment broyés, avant enfournement dans l'appareil.

Au vu du petit stock de blocs de minerai gisant à proximité de la meule (chap. 3.1, photo n° 27), il peut s'agir d'un travail accessoire ou complémentaire, tel qu'il a pu être avancé en 1999, pour une couche de minerai grillé située auprès d'un gros bloc de dolérite posé à plat près du fourneau, interprété comme un petit poste de broyage.

8.2. Meule L4

Cet élément a été trouvé dans la couche meuble, beige, très hétérogène (charbons de bois, inclusions d'argiles jaune, petits moellons d'argile cuite orange...) occupant le fond de la fosse 1401. Cette couche est surmontée d'un épais niveau noir très charbonneux (fig. 15b, photo n° 71).

Il s'agit d'un fragment de meule appartenant à la partie tournante, façonnée dans une roche de type volcanique du type trachy-andésite, roche non présente dans la région. Sa provenance est généralement attribuée au Massif Central, par le biais d'un commerce avec la cité des Arvernes (Polinski, 2009).

Un échantillon de la meule a été envoyé à Vincent Serneels, en Suisse (Département Géosciences de l'Université de Fribourg) afin de réaliser une lame mince. Son analyse minéralogique permettra de s'assurer qu'il s'agit bien de cette région volcanique ou, le cas échéant, d'un autre massif, tel que celui d'Eifel en Allemagne (à l'est du massif Ardennais). De même l'analyse géochimique est susceptible d'affiner la zone d'extraction au sein de la dite région.

Le diamètre de ce *catillus*, calculé à partir du fragment qui nous est parvenu, avoisine **60 cm** pour la valeur médiane la plus probable (fig. 33, photos n° 135 à 137). La mesure du diamètre n'étant pas aisée, il faut prendre en compte une incertitude absolue de l'ordre de ± 3 cm sur le diamètre.

Cette dimension est largement supérieure à 48 cm, valeur seuil considérée comme discriminante entre les meules manuelles d'une part et les meules dites « à sang » ou hydrauliques, mettant en jeu une machinerie plus importante (Longepierre, 2010). La topographie au faible relief du lieu et le trop faible débit du ru intermittent qui court au nord de la parcelle ne permettent pas d'envisager l'hypothèse d'une machinerie hydraulique sur place. Il s'agit donc plutôt de l'utilisation d'une force motrice humaine ou animale dite « à sang » faisant appel à un appareillage plus conséquent qu'une meule manuelle. La faible dimension du fragment découvert ne permet pas de s'assurer de l'existence d'un trou latéral apparaissant normalement dans ce cas de figure. Quelques rares cas de meule, interprétées comme meule « à sang » faisant apparaître une configuration anille-crampon en association avec un trou latéral, ont pu être recensés (dans le domaine de la meunerie/boulangerie).

Les faces supérieures et inférieures de ce *catillus* semblent au premier abord presque parallèles. En fait l'épaisseur est légèrement croissante en allant de la périphérie vers le centre. L'épaisseur moyenne de cette partie supérieure de meule est voisine de **5 cm**.

La pente de la surface d'abrasion de ce *catillus* est très faible. Son estimation réalisée avec le plus de soin possible aboutit à une valeur médiane de **8°** par rapport à l'horizontale. Compte tenu de l'état fragmentaire de la meule, l'incertitude sur cette mesure est de l'ordre de $\pm 2,5^\circ$.

L'abrasion et le poli de la pierre sont plus marqués entre la périphérie du *catillus* et les trous d'insertion des crampons, ainsi que vers le centre. De ce fait, les débouchés de ces orifices apparaissent plutôt en relief.

La face supérieure de la meule possède un effet de poli indiquant qu'elle a également servi de surface d'abrasion. On peut se demander si le *catillus* n'a pas été retourné un moment donné pour continuer à servir à nouveau dans la meule rotative, à moins qu'il n'ait été récupéré pour un usage similaire manuel après s'être cassé.

Du point de vue technique ce *catillus* présente une perforation à l'aspect partiellement pseudo-circulaire (d'environ 4 cm de diamètre), qui n'est pas centré. Il est distant de **13 cm** environ du bord extérieur de la meule. Un second orifice, vient également traverser l'épaisseur du *catillus*. Son profil sectionné en forme de « U » arrondi, est éloigné du bord externe de la meule de la même distance que le trou précédent. Du fait qu'ils sont

décentrés, aucun de ces orifices ne peut être considéré comme un axe de rotation de la pierre. Il s'agit de l'emplacement servant à insérer des crampons solidaires de l'axe central, permettant de faire tourner la pierre. On rencontre une troisième perforation possible à 40 cm du flanc du *catillus*, à nouveau fracturée dans sa section, non lissée et de faible dimension, présentant un profil en bobine. Située à 20 cm de son centre présumée, et de dimension réduite, elle ne paraît pas correspondre à l'œil proprement dit de la meule, mais plutôt à un témoin de l'encoche permettant de loger l'anille (pièce de métal horizontale fixée à l'axe vertical traversant le *catillus* et la *meta*).

Nous avons donc affaire à la catégorie de meule caractérisée par un *catillus* dit à « anille-crampon ».

Au niveau de la surface d'abrasion supérieure et inférieure de la meule, un certain nombre de petites cavités, résultant de la nature très poreuse de la roche, renferment un sédiment rouge carmin, correspondant très vraisemblablement à du minerai grillé. Ce n'est pas le cas des cassures ou de la couronne externe de la meule où les tâches rencontrées sont uniquement ocre. Ces surfaces d'abrasion présentent également un aspect rosé, que l'on ne retrouve pas non plus sur les autres surfaces.

Bien qu'il s'agisse d'un critère qui demande à être validé pour ce type de roche, le lustrage généralisé de la surface, et non pas seulement plus prononcé sur la périphérie, fait partie des critères qui incitent à y voir un broyage de matières minérales plutôt que céréalières (Polinski, 2009 ; Boyer et Buchsenschutz, 2001).

8.3. Meule L5

Le bloc de pierre a été mis au jour en bordure nord-ouest de l'extrémité de la fosse de travail (fig. 34, photos 139 à 142) du bas fourneau, dans la zone de passage entre la fosse de travail et l'entrée de l'atelier de réduction, à l'intérieur même de ce niveau de circulation (US1). La meule a été fabriquée dans un grès rose-violacé provenant de la formation de Erquy-Fréhel (22).

Une zone périphérique montre l'existence d'un bourrelet en couronne caractéristique, indiquant qu'il s'agit bien d'un fragment de meule rotative, en l'occurrence, d'un *catillus*.

Compte tenu de l'état très fragmentaire de l'élément la pente de la surface d'abrasion, pratiquement plane, ne peut être établie avec certitude. Elle pourrait s'établir autour de 14,5°, si l'on prend comme critère la verticalité de l'axe de la meule (ce qui n'est pas forcément assuré), avec une incertitude de plusieurs degrés compte tenu de l'état très fragmentaire de l'objet.

De même le diamètre ne peut être estimé qu'avec une fourchette d'incertitude importante. On peut avancer une valeur médiane de 68 cm \pm 10 cm, ce qui en fait, de toute façon, une meule de grand format.

Le *catillus* montre un polissage dense sur sa face inférieure, et un poli moyen sur sa face supérieure, destinée à recevoir la matière à meuler. On peut se poser la question de savoir si cette dernière abrasion n'est pas due à une réutilisation de la meule. A-t-on retourné la meule sur son axe, en la posant à l'envers sur la *meta*, ou bien est-ce un simple réemploi manuel après fracture du *catillus* ?

La face au polissage fin, qui correspond à la surface meulante d'origine du *catillus*, montre de petits résidus carmin, en surface et à l'intérieur de petits trous ; tout un secteur a pris une coloration rosée différente de celle de la roche naturelle.

La face opposée, plus irrégulière, est très légèrement concave, et présente quelques traces de piquetage en partie émoussées. Certaines retiennent une matière fine de couleur carmin.

Ces résidus colorés évoquent à nouveau une utilisation de la meule en outil de broyage du minerai grillé avec vraisemblablement une action de percussion pour fragmenter le bloc dans un premier temps, avant de passer au meulage à proprement parler dans un second temps, en vue d'atteindre une granulométrie fine.

L'existence d'au moins un site de production de meules tournantes est pressentie géologiquement dans le secteur Erquy-Fréhel à l'époque gallo-romaine, même s'il n'a pas encore été formellement identifié (Triboulet, Langouët, Bizien-Jaglin, 1996). Compte tenu des lieux de découverte de ces meules et de celui du gisement de cette formation gréseuse en bordure de mer, le transport se fait très probablement par voie maritime. Une poursuite du trajet par voie fluviale, en l'occurrence par la Rance, est probable. Un exemplaire de meule façonné dans un grès d'Erquy a été découvert sur le site de la Bonelais à Taden, de l'autre côté donc de la Rance à une dizaine de kilomètres de là.

8.4. Meule L6

Il s'agit d'un fragment de meule façonné dans la même roche volcanique que la meule L4, correspondant également à la partie tournante de celle-ci (photo n° 138, fig. 33).

Il a été découvert dans la partie de l'atelier consacrée à l'épuration, dans la couche noire charbonneuse située entre la couche de labour et la 'croûte ferrugineuse' à scories (US 1200) occupant le fond de la structure.

Son diamètre est estimé comme pour L4 à **60 cm**, avec une marge d'erreur du même ordre que pour L4. L'inclinaison de la surface de travail est estimée à **6°**, avec une incertitude absolue de l'ordre de 2-3 cm également.

La pente de la surface meulante est à nouveau très faible. Dans l'état actuel de la question, cette caractéristique ne semble pas constituer un caractère vraiment discriminant entre les trois catégories de meules (manuelles, « à sang » et hydrauliques).

L'épaisseur du *catillus*, légèrement croissante de la périphérie vers le centre, a une valeur moyenne qui est voisine de **5 cm**.

La pierre montre une perforation transversale à une distance de **13 cm** de sa bordure externe, permettant d'y placer un crampon.

On observe localement une incrustation ferrugineuse bien marquée au niveau de la perforation transversale de L6. Il pourrait s'agir d'un témoin d'un fragment de crampon, qui serait alors en fer, qui se serait retrouvé bloqué dans la pierre, et aurait continué à s'oxyder après fracture de celle-ci.

On constate que la surface d'abrasion habituelle du *catillus* (surface inférieure) possède de nombreuses porosités en grande partie comblées par un sédiment dont la couleur se situe entre le brun et le carmin. On peut donc rapprocher son utilisation de celle de la meule L4, employée pour le broyage du minerai grillé.

Compte tenu de leur aspect, de leurs caractéristiques minérale et dimensionnelle, les fragments de meule L4 et L6 paraissent bien avoir appartenu au même *catillus*. Dans cette hypothèse, la figure 33 montre une restitution possible du *catillus*, en supposant une symétrie dans la position d'ancrage des crampons dans la pierre par rapport à l'axe central de la meule. Cette disposition en deux paires de trous de crampons proches, et diamétralement opposés, est celle généralement rencontrée dans le cas de l'anille-crampon.

Sur la partie qui nous est parvenue (entre bord externe et trou de crampon), la surface supérieure du *catillus* L6 présente un léger bombement ; elle n'est pas concave, contrairement à ce que l'on rencontre généralement pour les meules manuelles.

Si les deux fragments appartiennent bien à la meule, cet aspect un peu bombé et non abrasé de la surface supérieure du *catillus* L6, aspect différent de celui de L4, implique qu'ils ont subi des conditions d'utilisation et d'abandon différentes après fracture de celle-ci.

En conclusion on peut avancer qu'il existait sur le site métallurgique au moins un poste de broyage du minerai grillé utilisant au moins une meule de broyage de fortes dimensions, dont l'importation renvoie probablement au Massif Central.

La littérature indique que, même si l'on connaît des exemplaires remontant au Ier s. ap. J.-C., l'importation de ce type de meule en région Loire-Atlantique a connu une phase d'expansion particulièrement prononcée au cours du IIe s. ap. J.-C. (plus marquée encore au cours de la 2^{ème} moitié du IIe s) et peut-être au début du IIIe s. Cette période correspond à une chronologie en bon accord avec les autres éléments de datation (céramique) de l'activité de l'atelier.

8.5. Meule L10

Il s'agit d'un bloc de grès de teinte rosée provenant manifestement de la formation géologique des grès rose de Fréhel-Erquy (fig. 35, photos n° 143 à 144).

Il a été trouvé dans la même fosse (ST 1401) que le fragment de meule L4 décrit précédemment, mais à hauteur des grands pesons P1 à P3, c'est à dire au niveau du premier tiers supérieur du comblement de celle-ci (photo n°70).

Le fragment de meule allongé comporte à une extrémité un orifice d'aspect circulaire, dont le diamètre est égal à **4,5 cm**. Sa présence conduit à conclure qu'il s'agit d'une meule rotative, et compte tenu de la forme concave de la surface d'abrasion, que nous avons à faire à un *catillus*.

La mesure du diamètre conduit à une valeur de **47,5 cm**, c'est-à-dire un peu en deçà du seuil de discrimination entre les deux grandes catégories de meules, ce qui induirait qu'il s'agit ici plutôt d'une meule manuelle.

La surface supérieure du *catillus*, qui conserve un aspect assez brut, n'est pas concave, mais au contraire globalement bombée.

La surface d'abrasion du *catillus*, quant à elle, est très nette, mais irrégulière, avec un poli plus marqué et très fin au niveau du tiers du rayon, mais seulement sur les deux tiers environ de la surface en question.

On note qu'une surface fracturée orthogonale à cette dernière porte également la marque d'une abrasion, ce qui induit qu'il y a eu réutilisation du fragment de meule après que celle-ci se soit cassée. Par suite l'abrasion observée sur la face normale de meulage du *catillus* n'est sans doute que partiellement représentative de l'impact du travail en rotation.

Ces deux surfaces montrent des imprégnations en forme de taches ou trainées de couleur brun-rouge carmin caractéristiques, qui indiquent à nouveau un emploi pour le broyage du minerai grillé.

8.6 Pierre L7 : enclume de pierre et/ou table de broyage.

Ce bloc a été mis au jour juste à l'extérieur du bâtiment, au bord de la ligne de poteaux nord (fig. 36, photos n° 145 et 146). Il reposait en contact avec le substrat, dans la structure excavée prolongeant la zone de travail d'épuration vers le nord, au sein d'une couche charbonneuse à scories correspondante (US 1301).

Il s'agit cette fois d'une dolérite. La forme parallélépipédique du bloc, peu naturelle, semble bien résulter d'une mise en forme par l'homme. L'une des faces montre une desquamation en pelure d'oignon avec des tâches d'oxyde de fer de couleur rouille interstitielles, classiques pour ce type de roche, auquel on attribue souvent le nom commun de « pierre de fer ». Les zones non fracturées lisses et légèrement rosées semblent plus attribuable à l'altération météoritique qu'à un travail de meulage, mais il est difficile de trancher. Il n'en va pas de même pour la face opposée. Cette surface globalement plane correspondant à une fracture d'un bloc de plus grandes dimensions, dans une partie plus saine, présente à un emplacement un accrochage de matières ferrugineuses ocre rouille et brunes, formant un relief de 2-3 mm d'épaisseur, qui évoque une petite masse de métal réoxydée. Une petite série

d'imprégnations locales de même nature apparaissent également sur cette table. Enfin une zone rouge carmin en bordure de l'extrémité plus étroite du bloc montre un contact avec du minerai grillé. Cette zone est légèrement plus lisse. Autant que l'on puisse en juger sur ce type de roche, elle semble porter des marques locales de coups.

Cet effet d'accrochage de métal sur les pierres du site est rare. Si la fixation d'oxydes de fer a pu avoir lieu au cours de son séjour dans l'US 1301, ou bien la projection accidentelle de métal chaud sur le bloc au cours du travail métallurgique, il est malgré tout envisageable, compte tenu en particulier de sa forme, qu'il ait pu servir d'enclume. Une utilisation opportuniste pour le broyage de minerai grillé n'est pas non plus à exclure. A noter qu'un grand bloc de dolérite reposant à plat avait été découvert en 1999 près du bas fourneau en association avec une masse de minerai grillé réduite en petits éléments granulaires, ce qui faisant penser à un petit poste de travail opportuniste également.

V.

**MOBILIER CERAMIQUE
ET DIVERS**

1. MOBILIER CERAMIQUE

Etude de la céramique du site métallurgique gallo-romain de Pilleverte II à Plesder (collaboration Isabelle Brunie).

1.1. Introduction

La fouille de 2011 a permis de recueillir 353 fragments de céramique gallo-romaine (42 NMI) auxquels s'ajoutent 44 tessons ramassés en surface et lors des décapages (11 NMI). Ils témoignent d'une fréquentation des lieux de la deuxième moitié du II^e siècle au début du III^e siècle après J.-C.

Les productions locales en céramique commune sombre et claire dominant. Elles sont associées à d'autres catégories quantitativement minoritaires : la *terra nigra* ou céramique grise fine, la sigillée et la céramique métallescente. 3 fragments de panse signalent la présence d'une amphore.

L'état général de conservation des céramiques s'avère plutôt médiocre avec une usure importante de la surface des tessons.

1.1.1. Répartition spatiale du mobilier

Localisation	Structure	NR	NMI
S1, zone nord-est	F1401	100	14
S1, zone nord-est	F1402	98	6
S1, zone nord-est	US 1403	4	0
S1, zone est, ligne est de poteaux	US1209	20	2
S1, zone nord-ouest, lignes nord et ouest de poteaux	Entre TP1352 et TP 1364	19	3
S1, zone nord-ouest, lignes nord et ouest de poteaux	STR 1351, STR 1352, US1323, US 1326	15	4
S1, zone nord-ouest, atelier d'épuration	US 1301	34	4
S1, zone nord-ouest, atelier d'épuration	US 1340, STR 1314	2	1
S1, zone sud-est, la fosse F1205 et ses abords	F1205	8	0
S1, zone sud-est, la fosse F1205 et ses abords	US 1204	20	2
S1, zone sud-est, la fosse F1205 et ses abords	TP1209, US1218, US1203, STR1216, couche de minerai grillé	18	3
S1, zone sud-ouest, le four	US10, fosse de travail du four, couche de démolition du four	6	1
S1, zone sud, le ferrier	US 1207	3	1
S3		4	0
S4		2	1
Total		353	42

Tab.11 : comptage du total des tessons (NR) et des formes (NMI strict)

Les ensembles céramiques sont nombreux (37 lots), relativement dispersés (fig. 22) et rassemblent souvent une faible documentation. Deux lots de matériel issus de deux fosses dépotoirs localisées au nord-est du sondage 1 se distinguent par le fait qu'avec un total de 198 fragments, ils représentent 55 % du matériel céramique de la fouille. Le reste du mobilier se concentre au niveau du bâtiment sur poteau, avec notamment les lignes de calages des poteaux et l'US 1301 au nord-ouest qui correspond à la zone de travail d'épuration, en partie excavée, du nord du bâtiment, et enfin l'US 1204 au sud-est, partie supérieure de la fosse comblée en grande partie avec du minerai grillé F1205.

1.1.2. Phasage chronologique

D'après les quelques éléments céramiques datants, le site est occupé et abandonné au cours de la deuxième moitié du II^e siècle et du début du III^e siècle ap. J.-C. Les types identifiés et la faiblesse numérique du mobilier ne permettent pas un phasage précis du site.

1.2. Méthodologie

Le mobilier céramique est traité par ensemble à partir des structures déterminées au moment de la fouille. L'étude est organisée en fonction des différents groupes techniques identifiés :

- La céramique sigillée (sigillée),
- La céramique métallescente (métallescente),
- La *terra nigra* ou céramique réductrice à pâte fine (*terra nigra*),
- La céramique commune claire (C. commune claire),
- La céramique commune sombre (C. commune sombre),
- La céramique commune non tournée (C. non tournée),
- Les amphores (amphore).

La céramique a fait l'objet de comptage suivant les directives établies lors de la table ronde du Centre Archéologique Européen du Mont-Beuvray sur la quantification de la céramique (Arcelin et Tuffreau-Libre 1998). Les deux méthodes de comptage de base ont été appliquées : le comptage de la totalité des tessons ou « Nombre de Restes » (NR) et l'estimation du nombre de récipients ou « Nombre minimum d'individus » (NMI). Le NMI est déterminé à partir des bords (ou des fonds ou des anses quand ceux-ci sont plus nombreux).

1.3. Le sondage S 1000

1.3.1. Les fosses dépotoirs au nord-est du sondage 1 : F1401 et F1402

- La céramique de F1401

La terra nigra ou céramique réductrice à pâte fine (dessins C226 et C251).

La *terra nigra* ou céramique réductrice à pâte fine compte 7 fragments d'un pot combinant des éléments des types M146b et M149. Il se différencie par la partie supérieure de sa panse bombée resserrée au niveau d'un grand bord vertical. Sa pâte est plus ou moins grossière (quelques inclusions sableuses de quartz avec des inclusions noires et d'abondantes paillettes de micas) à cœur gris moyen et à franges gris clair. Sa surface usée conserve des traces d'un engobe externe gris moyen très finement micacé. Un ensemble du site du campus de la place Hoche à Rennes, formé après le premier quart du III^e siècle, a livré des gobelets typologiquement très proches (Pouille 2008, p.158, fig. 30, n°12-15).

Catégorie	Forme	NR	% NR	NMI	% NMI
<i>Terra nigra</i> ou C. réductrice à pâte fine	pot	7	7	1	7,1
C. commune claire		28	28		14,3
	cruche à lèvres en bandeau			1	
	cruche à lèvres en poulie			1	
C. commune sombre		64	64		71,4
	écuelle			5	
	coupe tripode			1	
	coupe à collerette			1	
	pot			3	
C. non tournée	pot	1	1	1	7,1
Total		100	100	14	100

La céramique commune claire (dessins C158, C181)

Cette catégorie rassemble 28 fragments et un minimum de 2 individus. Le corpus est composé exclusivement de cruches : 1 cruche à lèvres de type Gauloise 4 (C158) et 1 cruche à lèvres en poulie. Cette dernière a une pâte sableuse (inclusions de quartz et nodules blancs d'argile) à cœur gris clair bordé d'orangé. Cette forme est très courante et connaît de nombreuses variantes, elle se rapproche notamment du type 430 de l'atelier de La Bosse dans la Sarthe (Guillier 1997, p. 244 et 246). Produite vraisemblablement sur une aire assez vaste en Normandie et en Bretagne, elle est recensée dans des niveaux des II^e-III^e siècles (Guilliers 1997, p. 244 et 250 ; Chuniaud, Mortreau 2002, p. 166). La cruche à embouchure de type Gauloise 4, en bourrelet arrondi évasé légèrement creusé d'une gouttière interne, possède une pâte assez fine (inclusions fines de quartz et de nodules blancs) à cœur gris et à franges beige puis orange clair.

Ces deux types de cruche sont connus sur l'atelier de Tressé (Ille-et-Vilaine) localisé à 5,8 km du site de Pilleverte II (Le Ny 1993, p. 127, fig. 66, n°5-7). Elles sont également représentées dans différents niveaux du comblement d'un puits du site du campus de la place Hoche à Rennes (Pouille 2008, p.140, fig. 17, n°32 et p.141, fig. 18, n°2). Le matériel de cette structure est datable, pour l'essentiel, de la fin du II^e siècle au premier quart du III^e siècle après J.-C. (Pouille 2008, p.142).

La céramique commune sombre (dessins C136, C182, C201, C196, C147 bis, C141, C85, C198, C144, C140, C145)

La céramique commune sombre réunit un total de 64 tessons et un minimum de 10 vases. Le corpus est formé de 5 écuelles (C85, C136-C182-C201, C147 bis, C196, C141), 3 pots (C144-C135, C140-C139, C145), 1 coupe tripode (C142) et 1 coupe à collerette (C198).

Les formes basses et ouvertes sont majoritaires. Les écuelles et la coupe tripode présentent un profil assez semblable avec une lèvre arrondie, légèrement rentrante. La coupe à collerette présente une lèvre similaire soulignée par une petite collerette horizontale. Leurs pâtes sont sableuses et de teintes marron clair à noir. Les surfaces sont usées et de mêmes couleurs. L'écuelle C141 est réalisée dans une pâte plus fine proche des productions en *terra nigra*.

Ces productions aux formes simples sont recensées dans le répertoire de l'atelier de Tressé (Le Ny 1993, p. 119, fig. 62, n°10-12).

Les pots, au nombre de trois exemplaires, sont de profils variés. Le pot C144 (et C135) se termine par un grand col tronconique et une lèvre en bourrelet triangulaire débordant. Sa pâte est sableuse, finement micacée et de couleur gris moyen. La teinte de sa surface rugueuse est légèrement plus foncée. Le col du pot C140 (et C139) se distingue par sa lèvre en méplat mouluré sur le dessus. Sa pâte contient des inclusions sableuses (quartz) et de fines paillettes de mica. Elle est de teinte gris foncé à cœur avec des franges rouge-orangé. Sa surface apparaît de couleur marron clair. Ce profil montre des points communs avec des exemplaires mis au jour à Tressé (Le Ny 1993, p.123, fig. 64, n°2). Le dernier pot, C145, dessine un profil simple avec un col court légèrement rentrant fini par une lèvre arrondie et évasée. Il est réalisé dans une pâte sableuse (quartz et inclusions noires) à cœur gris moyen et à franges marron clair. Sa surface usée varie du marron clair au marron foncé.

Un dernier récipient mérite une attention particulière. Il n'est représenté que par 7 fragments de panse qui appartiennent à un pot ovoïde. Ses parois sont fines. Sa pâte est grossière et blanche et sa surface rugueuse apparaît gris foncé.

La céramique commune non tournée (dessin C57)

Un fragment de bord d'un pot se distingue par sa pâte non tournée assez grossière (plus ou moins fines inclusions banches et grises et abondantes paillettes de micas) marron clair. Sa surface externe noire et lissée donne un aspect luisant. La surface interne est rugueuse et de couleur gris moyen. Le profil de son bord est simple : un col tronconique terminé par une fine lèvre arrondie et droite.

- La céramique de F1402

Catégorie	Forme	NR	% NR	NMI	% NMI
Sigillée	coupe mortier Lez. 96	7	7,1	1	17
<i>Terra nigra</i> ou C. réductrice à pâte fine		3	3,1		0
C. commune claire		47	48		50
	cruche			2	
	cruche à lèvre en poulie			(1)	
	mortier			1	
C. commune sombre		41	41,8		33
	pot			2	
Total		98	100	6	100

La sigillée (dessin C202)

La terre sigillée recense 7 tessons d'une coupe/mortier Lez. 96. Sa pâte est fine et de couleur orange clair, et son engobe marron-orangé brillant est très usé. Cette forme est une production de la phase 7 des ateliers de Lezoux, et couvre une très longue période : de 170 à 240 ap. J.-C. (Brulet, Vilvorder, Delage 2010, p. 121 et 125).

La terra nigra ou céramique réductrice à pâte fine

3 petits fragments de panse présentent une pâte fine grise.

La céramique commune claire (dessins C153, C175, C176, C247, C280)

Cette catégorie compte 47 tessons et un minimum de 3 individus : une cruche à lèvre en poulie (C153) et un mortier à collerette (C247). La cruche possède une pâte plus ou moins sableuse (fines inclusions jaune et paillettes de mica) marron moyen. Sa surface est assez rugueuse et de teinte variant du gris moyen au marron moyen.

Le mortier à collerette pendante est archéologiquement complet. Sa pâte est assez grossière avec des inclusions de quartz et des nodules d'argile orange foncé et beige de différentes tailles. Il est gris moyen à cœur et bordé de franges orangé. Sa surface est rugueuse et orangé et sa paroi interne conserve par endroit sa râpe formée de grains de quartz.

On peut encore signaler la présence d'un grand récipient à pied annulaire (C280). Il s'agit vraisemblablement d'un vase fermé de type grande cruche. Sa pâte grossière est très proche de celle du mortier, bicolore avec des inclusions de quartz, de nodules d'argile rouge et de fines paillettes de mica.

La céramique commune sombre (dessins C173, C163)

La céramique commune sombre rassemble 41 restes et 2 individus minimum. Deux pots sont comptabilisés à partir des fragments de bord. Leurs bords dessinent un profil assez similaire : un col tronconique terminé par une lèvre arrondie et évasée. Le bord C163 a une pâte assez grossière (inclusions fines de quartz et nodules d'argile rouge) marron à franges plus claires. Sa surface externe est lissée et noire. Le deuxième pot (non dessiné) présente une pâte plus ou moins fine gris moyen comme en surface. Il contient d'abondantes fines paillettes de mica et son bord est lissé.

On peut noter la présence d'une panse à pâte blanche et à parois fines comme celles présentes dans la fosse F1402.

1.3.2. A proximité des fosses dépotoirs : US 1403

- US 1403 : C53-56

Catégorie	NR
Céramique fine (sigillée ?)	1
Céramique commune	3
Total	4

Ce petit ensemble réunit une panse brûlée d'une sigillée, 3 panses d'un vase en céramique commune très abimé, un petit fragment de TCA, un objet métallique, 2 scories et 4 fragments de minerais de fer. Le vase en céramique commune indéterminé présente une pâte grossière, très micacée, à cœur marron foncé et à franges marron-orangé moyen. Sa surface est complètement usée.

1.3.3. Ligne de poteaux est du bâtiment, l'US 1209

Des tessons (C72, C91-94, C96, C95, C111 bis, C47 à C50, C90) ont été mis au jour dans la partie supérieure du comblement de poteaux de la ligne est, vraisemblablement piégés par ceux-ci. Ils se trouvent à l'interface avec le limon jaune (US 1209), qui recouvre les trous de poteau respectifs 1307, 1304, 1408 et 1405, 1404) par suite d'effets de solifluxion superficielle localisée, immédiatement sous le niveau de labour. Une autre série (C115, C59), se trouve à quelques centimètres de ces poteaux (respectivement 1408, 1406) sans doute pour des questions d'effet de paroi. Un dernier lot enfin (C113 bis, C114, et C121), se situe à 2,8 m à l'est du calage 1409.

- Dans l'angle nord-est du sondage : C72

Catégorie	NR
Sigillée	1

Le tesson C72 est une panse d'un vase en sigillée vraisemblablement de Gaule centrale. Il possède une pâte fine, orange clair et micacée. La couleur de son engobe très usé varie de l'orange clair à l'orange foncé.

- Dans l'angle nord-est du sondage : C91-94

Catégorie	NR
C. commune claire	4

C91-94 correspondent à 4 fragments de panse en céramique commune claire. Leurs pâtes sont grossières (inclusions de quartz et micas) et de teinte marron.

- C95-96

Catégorie	NR
Métallescente	1
C. commune claire	1

Dans ce secteur, l'US 1209 livre 2 tessons dont une panse d'un récipient en céramique métallescente. Ce dernier possède une pâte dure, fine et orangé, et est recouvert d'un engobe noir métallescent sur ses faces interne et externe. Ce vase, de type indéterminé, est vraisemblablement une production des ateliers de Gaule centrale. Le fragment restant appartient à un vase en céramique commune claire.

- C89 à côté de TP 1411-1418.

Catégorie	NR
C. commune	3

Ce lot est composé de 3 panses d'un même individu en céramique commune indéterminée. Sa surface est complètement usée. Il possède une pâte sableuse à cœur gris clair et à franges marron clair. Ce tesson se trouve dans le limon jaune US 1209, en bordure du fossé F1500.

- C111 bis - au sommet du TP 1408

Catégorie	NR
C. commune claire	1

La fouille du TP 1408 a permis la découverte d'une panse d'un vase en céramique commune claire de type indéterminé. Sa pâte est orangée et comporte des inclusions sableuses (quartz) et des nodules d'argile blanche et rouge.

- C115, proche de TP 1408

Catégorie	NR
C. commune claire	1

C115 est composé d'un fragment de panse très usés en commune claire.

- C59 à côté de TP 1406 (dessin)

Catégorie	Forme	NR	NMI
C. commune sombre	pot	1	1

Le tesson C59 a été mis au jour à côté du TP 1406. Il correspond à un fragment de bord d'un pot en céramique commune sombre. Sa lèvre forme une petite collerette pendante. Sa pâte est sableuse, noire et micacée, et sa surface usée est rugueuse.

- C47-50, au sommet du TP 1405

Catégorie	NR
C. commune sombre	4

Ces 4 panses de céramique commune sombre proviennent de l'angle sud-est du bâtiment sur poteau. Trois possèdent une pâte identique : sableuse à cœur gris clair bordé de marron. La dernière panse a une pâte très micacée.

- C90 - au sommet du TP 1404

Catégorie	NR
C. commune sombre	1

Le tesson C90 trouvé au sommet du TP 1404 est une panse de céramique commune sombre. Sa surface est très abimée. Il possède une pâte sableuse (quartz et fines paillettes de mica) de teinte marron à cœur gris.

- C113 bis, C114 et C121 (dessin C113 bis)

	Catégorie	NR	NMI
C113 bis, C114, C121	C. commune claire	3	1

Ce petit ensemble compte 3 restes en commune claire. Le corpus est composé d'une coupe à collerette triangulaire (C113 bis). Sa pâte est grossière (inclusions de quartz et de quelques nodules d'argile rouge), à cœur gris moyen bordé de crème. Sa surface usée est rugueuse et de teinte crème.

1.3.4. Lignes nord et ouest de poteaux du bâtiment

Les mises au jour de tessons le long de la ligne nord et de la ligne ouest de calages de poteaux semblent également refléter un effet de seuil ou de paroi du bâtiment, dans les niveaux supérieurs très charbonneux de zone de travail de l'atelier d'épuration

La céramique C294 a été trouvée dans la fosse de calage (STR 1351) du trou de poteau 1363, et les céramiques C295 à C3101, dans le calage du poteau d'angle 1352. Les tessons C23 à C26, C29 à C41 et C253 quant à eux se situent entre les calages 1352 et 1364, dans l'angle nord-ouest du bâtiment sur poteau, dans les mêmes niveaux charbonneux métallurgiques que ceux qui comblaient les trous de poteaux.

- STR 1351 : fosse de creusement quadrangulaire du TP 1363 : C294

Catégorie	Forme	NR	NMI
Sigillée	Indéterminée	1	1

Le fragment C294 est un bord d'un vase en sigillée de type indéterminé. Sa pâte correspond aux productions des ateliers de Gaule centrale. Son engobe a entièrement disparu.

- Trou de poteau TP 1352 : C295 à C301 (dessin C295)

Catégorie	Forme	NR	NMI
C. commune claire		3	
C. commune sombre	pot	4	1
Total		7	1

Le trou de poteau 1352 rassemble un petit effectif de 7 tessons composés de 3 panses en céramique commune claire (pâte orange clair plus ou moins grossière) et 4 fragments en céramique commune sombre de la partie supérieure d'un pot. Ce pot de forme ovoïde possède un col court tronconique terminé par une lèvre en bourrelet évasé. La jonction du col et de la panse est marquée par deux fines rainures. Sa pâte est sableuse (inclusions noires et blanches) à cœur marron foncé et à franges gris foncé. La couleur de sa surface rugueuse est gris moyen.

- Entre les calages TP 1352 et 1364 : C23-26, C29-41 et C253 (dessins C23 et C253)

Catégorie	Forme	NR	NMI
Sigillée	Coupe Drag. 37	1	1
C. commune claire	cruche	9	1
C. commune sombre		9	1
Total		19	3

La sigillée (dessin C253)

Le tesson C253 est un fragment de bord d'une coupe décorée Drag. 37 de Gaule centrale. Sa pâte est fine, orange clair et contient de nombreuses fines paillettes de mica. L'engobe très usé est marron brillant dans les zones les mieux conservées. La partie supérieure du décor se compose d'une rangée d'oves (deux arceaux autour du cœur) soulignée d'une ligne de perle. Puis en dessous, les figures décoratives semblent être organisées autour d'un rinceau. Dans la boucle supérieure, à gauche, on peut identifier un médaillon avec un oiseau à gauche (proche de Oswald n°2297) entouré de trois rosettes et d'une figure indéterminée dessous. Dans la boucle inférieure, à droite, on arrive à distinguer une rosette au dessus probablement de la queue d'un animal incomplet. Un cercle est utilisé en remplissage. Ce décor présente une parenté avec le groupe de *Paternus* ou d'*Iustus* (Stanfield, Simpson 1990, Pl.107-111). Leurs périodes de production sont calées entre les années 150 et 190 ap. J.-C.

La céramique commune claire (dessin C23)

Ce petit lot regroupe 9 tessons de céramique commune claire. 4 tessons à pâte claire appartiennent à une cruche à une anse ornée d'un sillon central (C23). Sa pâte est assez fine (inclusions de nodules d'argile rouge et blanc) et orange clair. Les 5 autres panses se caractérisent avec une pâte plus ou moins fine (inclusions de Quartz et de nodules rouge et blanc) orangé.

La céramique commune sombre (dessin C26 bis)

Les 9 fragments de commune sombre sont identique au niveau de la pâte : marron foncé à noir et inclusions assez fines (quartz et fins micas). Leurs surfaces varient du marron clair au gris foncé et sont assez lisses. L'unique individu est un pot à panse ovoïde terminée par un col court droit et une lèvre en bourrelet arrondi débordant.

- Trous de poteau TP 1339 et TP 1332 : C256 à C258, et C250 respectivement, et en bordure de TP 1339 : C206 (dessin C256)

L'ensemble du lot se trouve dans la couche charbonneuse très noire US 1326, elle-même située sous la zone de concentration de scories oxydées, argile cuite et fragments de tuiles STR 1320.

Catégorie	Forme	NR	NMI
<i>Terra nigra</i> ou C. réductrice à pâte fine		1	0
C. commune claire		1	0
C. commune sombre	fond plat	3	1
Total		5	1

L'US 1326 livre 5 fragments de céramique répartis en 3 groupes techniques. La *terra nigra* ou céramique réductrice à pâte fine est représentée par un fragment de panse à pâte gris clair assez fine. Sa surface est lisse, gris clair et comporte de nombreuses bandes lissées sur sa paroi externe. Une panse signale la présence d'un vase en céramique commune claire (pâte fine orange clair). Le dernier groupe est formé de deux fragments de fond plat et d'une panse d'un petit pot en commune sombre. Il possède une pâte bicolore gris clair vers l'intérieur à marron foncé vers l'extérieur, et sableuse (quartz et gros nodules d'argile marron). Sa surface usée varie du marron clair au foncé. Certaines zones moins abimées sont lisses et de teinte gris foncé.

- En bordure du trou de poteau TP 1361, dans l'US 1323, à proximité du foyer STR 1333 : C28

L'US 1323 est une couche charbonneuse indurée reposant sur le substrat. Le tesson est également en relation stratigraphique avec le foyer STR 1333 situé non loin de là.

Catégorie	NR
C. commune claire	1

L'US 1323 livre une panse en céramique commune claire très usée.

- Au nord-ouest du site : C43 (dessin)

Catégorie	Forme	NR	NMI
C. commune sombre	pot	1	1

Ce fragment de bord de pot en céramique commune sombre se trouve isolé au nord ouest du site. Son profil de bord est simple : une lèvre arrondie et droite très légèrement évasée qui repose sur un col tronconique. Il est très abimé, voire brûlé.

1.3.5. La fosse F1205 et ses abords

On observe une certaine concentration de céramique au niveau de la fosse 1205, au sud du bâtiment sur poteau. Cette zone a été en partie fouillée en 1999 (aire A5) et des recollages ont été effectués avec les nouvelles découvertes (cf US 1218).

- La fosse F1205 (fosse de charbon et minerais) au sud-est du four : C60-67

Catégorie	NR
C. commune claire	3
C. commune sombre	5

La fosse 1205 rassemble 3 panses de céramique commune claire et 5 panses de céramique commune sombre. Les fragments sont très abimés.

- Trou de poteau TP 1219, apparaissant dans le fond de la fosse F1205 : C82-84 (dessins C84 et C83)

Catégorie	Forme	NR	NMI
Sigillée	coupe	1	1
C. commune	écuelle	2	1
Total		3	2

Le trou de poteau TP 1219 comportait 3 tessons dont 1 fond d'une coupe en sigillée de Gaule centrale (C84) et 1 bord d'une écuelle en commune sombre (C83). Ces deux éléments faisaient partie du comblement à nombreux blocs de minerai grillé du calage. Le dernier fragment se trouvait par contre tout au fond du trou de poteau au

sein du comblement fait d'un sédiment jaunâtre très semblable au substrat. Il s'agit d'une panse en commune sombre très usée.

L'écuelle présente un profil simple terminé par une lèvre arrondie légèrement rentrante. Sa pâte est sableuse (quartz et inclusions noires) et gris clair, et sa surface plus ou moins rugueuse de même teinte. Sa paroi externe est couverte d'une croute indurée noire.

- US 1218 (en bordure de la fosse 1205) : C265-269 (dessin C265)

Catégorie	Forme	NR	NMI
C. commune	écuelle	4	1
C. non tournée		1	0
Total		5	1

L'US 1218 réunit 5 tessons de céramique commune : un bord d'une écuelle (C265) et trois panses en commune sombre et une panse en céramique non tournée. Le bord d'écuelle recolle avec un exemplaire mis au jour en 1999 dans l'aire A5. Sa pâte est assez grossière et de teinte gris clair. La pâte de la céramique non tournée ressemble fortement à celle du pot de la fosse 1401.

- US 1204 (sous US 1205, recouvre US 1203) : C3 à C22

L'US 1204 se situe au sud de la fosse à minerai F1205, à l'extrémité du sillon charbonneux 1202. Elle correspond à un niveau noir charbonneux situé sous un niveau de même nature à scories US 1205, de transition du labour, et au dessus d'un niveau de scories serrées US 1204.

C'est dans cette US, qui recouvre également la fosse F1205, qu'ont été trouvées en 1999, un nombre important de céramiques.

Catégorie	Forme	NR	NMI
C. commune claire		11	
C. commune sombre		9	
	écuelle		1
	pot		1
Total		20	2

Elle rassemble 20 tessons de céramique commune : 11 panses de commune claire et 9 fragments de commune sombre dont 2 bords. Le répertoire de la commune sombre est composé d'un pot à lèvre en bourrelet carré débordant et à col droit et d'une écuelle à lèvre en bourrelet arrondi légèrement rentrant. Le pot possède une pâte assez grossière marron clair (quartz, inclusions noires et fins micas) et une surface plus ou moins rugueuse gris foncé. L'écuelle présente une pâte assez grossière (quartz, inclusions noires et fins micas) gris clair comme la surface. Elle conserve des traces noires de suie.

- Couche de scories serrées (petit ferrier) US 1203 : C46

Catégorie	NR
C. commune claire	7

Ce lot contient 7 panses de céramique commune claire très abimées. Le sillon noir recoupe la couche de scories qui recelait ce lot.

- Couche de minerai grillé : C51-52

Catégorie	NR
C. commune sombre	2

Les tessons C51-52 correspondent à deux panses en céramique commune sombre. Leurs pâtes sont très abimées.

- STR 1216, dans la coupe du trou de poteau TP 1217: C129

Catégorie	NR
C. commune claire	1

L'US 1216 livre une panse de céramique commune claire (pâte sableuse à cœur marron clair bordé d'orangé).

1.3.6. Atelier d'épuration- Zone nord-ouest du sondage

La zone au nord-ouest du sondage (partie nord du bâtiment sur poteau) concentre de nombreux lots de céramique, notamment au niveau de la partie excavée de l'atelier d'épuration et de sa prolongation hors du bâtiment vers le nord.

- US 1301 (sur US 1209) : C44-45, C74, C104-110, C112, C116 (US 1330), C119-120, C122-124, C126-127, C260-263, C271-273 (dessins: C116, C124, C126, C260)

Catégorie	Forme	NR	NMI
Sigillée		1	0
Terra nigra ou C. réductrice à pâte fine	pot	1	1
C. commune claire		10	0
C. commune sombre		18	
	pot		1
	Jatte		1
C. commune		1	0
Amphore	G.12	3	1
Total		34	4

La sigillée

Une panse d'un récipient en sigillée est recensée dans ce lot. Elle est ornée d'une baguette sur sa paroi externe. La petitesse du fragment ne permet pas l'identification d'une forme particulière. Les caractéristiques de sa pâte et de son engobe la rattachent aux productions de la fabrique 4 de Lezoux (140-240 ap. J.-C.).

La terra nigra ou céramique réductrice à pâte fine (dessin C260)

La *terra nigra* compte 1 bord d'un pot proche de la forme M94 du centre. La jonction entre la panse et son col est soulignée d'une fine baguette et d'une fine rainure. Son col court et droit se fini par une petite lèvre arrondie et légèrement évasée. Il possède une pâte fine à gros cœur noir et à franges beige-crème. Sa surface usée conserve des zones lisses gris foncé et est finement micacée.

La céramique commune claire

La céramique commune claire n'est représentée que par 10 fragments de panse.

La céramique commune sombre (dessins C116 et C124)

La céramique commune sombre domine légèrement avec un total de 18 restes et 2 individus minimum. Le corpus est formé d'1 pot et d'1 jatte. Le pot (C124) se distingue par son col assez étroit et droit légèrement tronconique. Sa lèvre est simple, arrondie et évasée. Il est réalisé dans une pâte sableuse (inclusions grises et noires) gris clair. La surface est de même couleur, assez rugueuse et lissée sur le dessus de la lèvre. La jatte (C116) présente un profil en « S » terminée par une lèvre en bourrelet arrondi évasé. Sa pâte est sableuse

(inclusions de quartz, nodule d'argile marron foncé et fines paillettes de mica) et bicolore : cœur marron à franges gris moyen. Sa surface est extrêmement abimée. Elle devait être à l'origine de teinte gris foncé ou noir. Elle se trouvait au fond (US 1330) de la zone excavée de l'atelier d'épuration, face interne tournée vers le ciel, en deux morceaux superposés bloqués sous une pierre.

La céramique commune indéterminée

L'usure d'un des fragments de panse de ce lot ne permet pas de le classer précisément dans la céramique commune claire ou la céramique commune sombre.

Les amphores (dessin C126)

L'unique amphore de ce site est représentée par 3 fragments de panse qui appartiennent à une amphore Gauloise 12 « très décorée ». Sa pâte est sableuse (inclusions de quartz avec de rares nodules d'argile orange foncé) et de teinte orange aux franges plus claires. La surface externe est assez bien lissée et de couleur orange foncé. L'intérieur est plus rugueux et clair.

Le décor ondé tracé au peigne de ces fragments est caractéristique de ce type. De plus, la pastille d'argile rajoutée semble être attestée sur les grands modules des Gauloises 12 (Laubenheimer, Lequoy 1992, p.80-81) au niveau des anses. Cette amphore est produite dans le quart nord-ouest de la Gaule, probablement de la fin du Ier siècle au IIIe siècle ap. J.-C. (Laubenheimer, Lequoy 1992, p.85).

- Zone excavée sud de l'atelier d'épuration, US 1340 : C43 bis

A cet emplacement très excavé, la couche d'argile jaune US 1209 du substrat vient recouvrir, par débordement partiel, la couche très charbonneuse d'activité métallurgique US1340. Le tesson se trouve à 50 cm de profondeur sous le niveau de sol apparent 1209.

Catégorie	NR
C. commune claire	1

L'US 1340, sous l'US 1209, livre une panse en céramique commune claire. Sa pâte est assez fine, (inclusions rouge foncé et blanches) et de couleur orange. Sa surface est plus ou moins lisse et de même teinte. Une croûte d'argile gris clair contenant des petits fragments de charbon est collée sur sa paroi interne.

- Couche de charbon de bois STR 1314 : C264

A l'intérieur de la partie nord du bâtiment sur poteau, la STR 1314 est constituée presque exclusivement d'une épaisse couche de charbon de bois, attribuable à une zone de stockage de combustible.

Catégorie	NR
C. commune sombre	1

La fouille de la STR 1314 a permis de recueillir une petite panse en céramique commune sombre très usée.

1.3.7. Le four

- La fosse de travail du four : C1 (sur US 1209), C2, C128 bis

Le tesson C1 reposait sur la première couche qui s'est déposée au fond de la fosse de travail du bas fourneau, consistant en un sédiment violacé de minerai grillé en contact direct avec le substrat. C2 se trouvait dans le comblement supérieur d'une fosse de drainage creusée au fond de la fosse de travail du bas fourneau. C128 bis accompagnait le fragment de meule L5 dans l'US 1, qui correspond également au niveau de comblement supérieur de la fosse de travail.

Fosse four	Catégorie	NR
C2	Sigillée	1
C128 bis	<i>Terra nigra</i> ou C. réductrice à pâte fine	1
C1	C. commune claire	1

Trois tessons proviennent de la fosse du four : une panse usée de sigillée de Gaule centrale, une panse de *terra nigra* ou céramique réductrice à pâte fine (pâte fine gris clair) et une petite panse en céramique commune claire (pâte fine marron clair et finement micacée).

- Fosse de travail du bas fourneau STR 1202, US 10 : C292

Catégorie	NR
C. commune claire	1

La couche de limon tassé à moellons d'argile cuite orange et charbons du comblement supérieur de la fosse de travail (US 10) livre une panse de céramique commune claire (pâte orange foncé).

- A l'ouest de la fosse de travail, sur US 10 : C293

Catégorie	NR
<i>Terra nigra</i> ou C. réductrice à pâte fine	1

La panse C293 présente une pâte assez grossière (inclusions sableuses blanches et noires, fins micras) gris clair et une surface lisse de même couleur. Ces caractéristiques permettent de le rattacher à une production en *terra nigra* ou céramique réductrice à pâte fine.

- Dans la couche de démolition du four : C259 (dessin)

Catégorie	Forme	NR	NMI
C. commune sombre	jatte	1	1

La couche de démolition du four a livré, au sein de rejets de grosses parois situés à 8 m environ au sud de celui-ci, un bord d'un récipient en céramique commune sombre : un grand pot ou une jatte. Sa lèvre en bourrelet arrondi et évasé est légèrement moulurée à l'extérieur. Il possède une pâte sableuse gris foncé.

1.3.8. Le ferrier au sud du bâtiment : US 1207

Tessons isolés au niveau de l'US 1207 : C27, C71 et C254

- C27

Catégorie	NR
C. commune sombre	1

C27 est une panse en céramique commune sombre à pâte sableuse.

- C71

Catégorie	Forme	NR	NMI
C. commune sombre	pot	1	1

Le tesson C71 est un fragment d'un petit fond plat d'un pot en céramique commune sombre. Sa pâte est sableuse (inclusions de quartz, de nodules rouge foncé et fins micas) de teinte gris clair/beige à cœur et à franges marron clair. Sa surface rugueuse apparaît gris foncé.

- A l'ouest de la fosse de travail : C254

Catégorie	NR
C. commune	1

Une petite panse très abimée, probablement en céramique commune claire, a été recueillie devant le four. Elle présente des traces de brûlure en surface. Sa pâte assez fine (fines inclusions de quartz, mica et nodules rouge et blanc) varie de l'orangé à crème vers l'extérieur. La surface externe est lisse et grisée.

1.4. Le sondage S 3000

Catégorie	NR
C. commune claire	4

4 panses d'un vase en céramique commune claire gallo-romain ont été récoltées dans ce sondage. Très abimés, ces fragments possèdent une pâte orange clair à inclusions saleuses (Quartz, inclusions blanches et rouge clair).

1.5. Le sondage S 4000

Catégorie	NR	NMI
Sigillée	1	1
C. commune claire	1	

Le sondage 4 à livré 2 tessons de céramique gallo-romaine : un fond d'une coupe en sigillée de Gaule centrale (S4C1) et une panse de céramique commune claire (pâte grossière à cœur gris foncé bordé d'orange clair).

1.6. Le mobilier des ramassages de surface

La sigillée (C270, C79 et C105)

La sigillée est relativement abondante avec un total de 12 tessons trouvés en surface. L'élément C270 se trouvait dans la terre de décapage de l'angle N-E du sondage S1. 5 individus sont recensés à partir des bords, dont 1 assiette indéterminée, 1 mortier Lez. 96 ou Lez. 97 et 3 coupes Drag. 37 (C79, C105, C270). Une panse ornée de cannelure et une panse au décor moulé signalent la présence respectivement d'un mortier Lez. 97 et d'une coupe Drag. 37. Le décor moulé est peu lisible, on distingue difficilement une rangée d'oves (bâtonnets à droite) avec dessous un médaillon ou un rinceau et un astragale en remplissage. Les pâtes correspondent aux productions de la fabrique 4 de Lezoux (140-240 ap. J.-C.).

Catégorie	Forme	NR	% NR	NMI	% NMI
Sigillée		12	27,3		50
	Assiette			1	
	Drag. 37			3	
	Drag. 37, panse décorée			(1)	
	Mortier Lez. 97			(1)	
	Mortier Lez. 96 ou Lez. 97			1	
métallescente	panse décorée de végétaux à la barbotine	1	2,3	1	0
C. commune claire		17	38,6		20
	cruche			1	
	mortier			(1)	
	Indéterminé			1	
C. commune sombre		14	31,8		30
	pot			1	
	écuelle			1	
	mortier			1	
Total		44	100	11	100

La céramique métallescente (C97)

La céramique métallescente est attestée par un tesson de panse décoré à la barbotine. Il possède une pâte orange clair et est recouvert d'un engobe noir brillant. Il s'agit vraisemblablement d'une production des ateliers de Gaule centrale.

La céramique commune claire (C78)

La céramique à pâte claire englobe 17 fragments et 2 individus minimum. Un récipient peut être identifié à une grande cruche à rebord de type Gauloise 12 : lèvre en méplat épais rainurée sur le dessus (C78). Sa pâte est grossière (inclusions sableuses de quartz, de nodules d'argile blanc et rouge et de fines paillettes de mica) marron moyen plus clair à cœur.

Le deuxième élément est de type indéterminé. Il possède une lèvre fine, arrondie à son extrémité et légèrement évasée. Il est réalisé dans une pâte fine de teinte crème.

On peut encore signaler un fragment de fond plat et épais qui s'apparente à un fond de mortier. Sa pâte est grossière avec des inclusions de quartz (sables et graviers), oxydes métalliques rouge foncé et de nodules d'argile blancs. Sa teinte varie du gris foncé à cœur à l'orange clair au niveau des franges. La surface est assez lisse.

La céramique commune sombre (dessins C12, C13 et C109)

14 fragments composent cette catégorie, et un nombre minimum de 3 individus : 1 écuelle (C12), 1 pot (C109) et 1 petit mortier à collerette (C13). Le pot se caractérise par une petite lèvre horizontale arrondie et un col droit. Sa surface est très usée. L'écuelle est de profil simple à l'image des autres exemplaires mis au jour sur le site, avec une lèvre arrondie et légèrement rentrante (pâte gris moyen sableuse). Le mortier à collerette est un petit module. Sa pâte est grossière et de couleur gris foncé. Sa paroi interne est très usée, on note des traces d'une râpe formée de gros grains de quartz.

1.7. Conclusion

Les très nombreux lots de céramique ont des valeurs numériques souvent très faible, mais leur composition reste relativement proche. En chronologie absolue, la majorité des vases, aussi bien ceux mis au jour au fond des structures qu'en surface de celles-ci, est datée entre la deuxième moitié du IIe et le début du IIIe s.

Catégorie	forme	Prospections 1997-2011		Fouilles 1999		Fouilles 2011	
		NR	NMI	NR	NMI	NR	NMI
Sigillée		30		7		15	
	Assiette		1				
	W. 80				1		
	Mortier Lez. 96						1
	Mortier Lez. 97		1		1		
	Mortier Lez. 96 ou Lez. 97		1				
	Drag. 37		5				1
	Coupe indéterminée						3
métallescente		1		1		1	
	Décor végétal à la barbotine		1		1		
	Sans décor						1
<i>Terra nigra</i> ou C. fine grise		0	0	12		15	
	Pot M146				1		
	Pot						2
C. commune claire		74		47		135	
	Cruche à lèvres en poulie						1
	Cruche de type G.4						1
	Cruche de type G.12		1				
	Cruche		1		4		3
	Mortier à collerette		2				2
	Vase indéterminé		1				
C. commune sombre		56		55		174	
	Ecuelle		1		6		8
	Coupe tripode						1
	Coupe à collerette						1
	Jatte						3
	Pot		4		10		12
	Mortier à collerette		1				
C. commune		0	0	0	0	8	0
C. non tournée	Pot	0	0	0	0	2	1
Amphore	Gauloise 12	0	0	0	0	3	1
Total		161	20	122	24	353	42

Tab. 12 : Totaux du nombre de tessons (NR) et de formes (NMI) ramassés en prospections et au cours des opérations de sondage de 1999 et 2011.

Les fragments de sigillée recueillis sont tous attribuables aux productions de Gaule centrale de la fabrique 4 de Lezoux (phases 6 et 7 de Lezoux définie par Ph. Bet). Certains sont fabriqués plus précisément à partir des années 170 ap. J.-C. (phase 7) comme le mortier Lez. 96. Les rares exemplaires de céramique métallescente ont vraisemblablement la même origine. La production de ces vases est associée à la sigillée de la phase 7 de Lezoux (170-240 ap. J.-C.). Ces découvertes entérinent la proposition de datation faite suite à l'analyse du mobilier issu des prospections et de l'opération archéologique de 1999 (Vivet 2008, p. 98). Les autres catégories de céramique n'apportent pas de précision chronologique.

Par comparaison typologique, on peut noter de nombreux points communs entre certaines formes du site de Pilleverte et des ensembles de Corseul (Ferrette 2003), de Rennes (Pouille 2008) et de Mondeville (Besnard-Vauterin 2009). A Corseul, l'ensemble 12 du site de Monterfil II dont le comblement est daté de la fin du IIe s., voire au début du siècle suivant, livre des mortiers Bet 96, des coupes Drag. 37 en sigillée associés à de la céramique métallescente, des cruches à lèvre en poulie et à lèvre de type G.4 et des mortiers à collerette en commune claire, des écuelles à bord rentrant, des coupes à collerette et coupes tripodes en commune sombre et une amphore G.12 (Ferrette 2003, p. 105-122). Les pots de cet ensemble nombreux et très variés trouvent pour certains des correspondances avec les profils des exemplaires du site de Pilleverte, par exemple le pot n°119 de la figure 46 (Ferrette 2003, p. 120) avec le pot C144 de la fosse 1401.

Des parallèles peuvent être repérés avec des ensembles des fouilles de la place Hoche à Rennes (Pouille 2008, p. 158 et 246) et du site de l'Etoile à Mondeville (Besnard-Vauterin 2009, p. 257-259), datés du milieu du IIe s. jusque dans le courant du IIIe s. Les éléments généralement associés et les plus récurrents sont la sigillée (Drag. 37, mortier Bet 96), les mortiers à collerette, les cruches à lèvre en poulie et de type G.4, les écuelles, les coupes tripodes et les amphores Gauloise 12.

Sur les sites du nord-est de la Bretagne, les formes en *terra nigra* de la typologie d'Y. Menez deviennent résiduelles à partir du IIe s. A cette période, on signalera l'apparition dans le vaisselier de pots à pâte grise fine ou semi-fine (Ferrette 2003, p. 186, Pouille 2008, p.158).

Au niveau des pâtes de la céramique commune, on observe des différences. La *terra nigra* ou céramique réductrice à pâte fine se caractérise par une pâte gris moyen ou clair avec de fines inclusions (quartz, feldspath et mica). Les surfaces externes sont lustrées et parfois plus foncé. Les pâtes des céramiques communes claire et sombre sont plus variées. Les pâtes claires peuvent être assez fines ou grossières et de teinte orangée. Elles contiennent généralement des inclusions de quartz, feldspath et mica, avec parfois la présence de nodules d'argile rouge ou de nodules d'argile rouge et blanc. Les pâtes contenant ces derniers peuvent aussi avoir un cœur gris.

Concernant les mortiers, les inclusions de quartz sont beaucoup plus grossières, dépassant les 2 mm de diamètre. Les pâtes sombres sont encore plus diversifiées. Leur couleur varie du gris clair au marron foncé, et très souvent avec un cœur et des franges de couleurs différentes. On y trouve des inclusions sableuses de quartz, feldspath, de fines paillettes de mica et parfois des nodules d'argile marron ou rouge foncé. Un récipient se distingue par sa pâte blanche. Excepté ce dernier élément, la description des pâtes correspond à celle donnée pour les produits de l'atelier de Tressé localisé à proximité du site (Le Ny 1993, p. 111). L'éventail des formes connues de ce centre n'est pas entièrement représenté sur le site de Pilleverte. On retrouve quelques formes simples telles que les écuelles à bord rentrant, les coupes tripodes, les cruches à lèvre en poulie et de type G.4, les mortiers à collerette et les pots à bord en bourrelet arrondi débordant. Les productions de l'atelier de L'Hôtellerie à Corseul semblent en revanche absentes (Bizien-Jaglin, Sorinas 2010, p.95-106). Les formes sont typologiquement différentes et sont fréquemment revêtues d'un engobe blanc. Aucune trace d'engobe n'a été relevé sur les céramiques de Pilleverte, même sur les exemplaires les mieux conservés.

D'autre part, le pot en céramique commune non tournée possède une pâte particulière, qui se différencie par l'abondance des paillettes de mica. Elle est bien dégraissée et ne contient plus que de fines inclusions, probablement du quartz et du feldspath. Le lissage de sa paroi externe rend un effet luisant. Cette production n'est pas sans rappeler la poterie gauloise, cependant la céramique modelée reste une constante durant toute la période gallo-romaine. Sa fréquence varie selon les régions (Tuffreau-Libre 1996, p.56). En Bretagne, cette technique semble peu répandue aux IIe-IIIe siècles. Les formes sont peu nombreuses et généralement simples. Sur le site de la *villa* du Boizy à Vannes, une dizaine de pots non tournés ont été recensés dans des contextes des

Ile-IIIe s. (Daré, Triste 2012). A Corseul, R. Ferrette indique que la céramique non tournée est résiduelle aux Horizons III et IV du site de Monterfil II (70-230 ap. J.-C.). Toutefois, il est possible que des pots modelés aient été fabriqués à la fin du IIIe s. et au début du IVe s. (Ferrette 2003, p. 190).

Le mobilier céramique de l'ensemble du site se distingue par l'importance de la vaisselle utilisée pour la préparation et le service, notamment en céramique commune sombre (70 % du NMI). Les pots représentent ici 37,5 % du total des formes (15 NMI), de même que les écuelles et les diverses coupes associées (écuelle : 10 NMI, coupes : 5 NMI). Par ailleurs, on peut noter l'absence de grands conteneurs pouvant servir au stockage, excepté l'unique amphore G.12 destinée au transport du vin¹. Cette association de formes incite à lier ces céramiques à la restauration des personnes travaillant sur le site.

Fonction	Type	Catégorie	NMI	% NMI
vase à liquide, service	cruche	commune claire	4	10
Consommation, service	écuelle, jatte, coupe	céramique fine et verre	5	12,5
Préparation, service	écuelle, pot, jatte, mortier	commune sombre	28	70
Préparation	mortier	commune claire	2	5
	amphore	Amphore	1	2,5
Total			40	100

Tab. 13 : Répartition fonctionnelle des vases issus de la fouille de 2011
(Hors ramassage de surface)

¹ L'hypothèse de conteneur à vin est étayée par des traces d'un enduit à la résine sur des unités du site de Vatteville-la-Rue en Normandie. Ce résultat ne permet pas de préciser d'avantage leur contenu : vin ou poisson. Jusqu'à présent, l'hypothèse d'un emballage pour le transport du vin est privilégiée. (Laubenheimer et Lequoy 1992, p.85).

2. MOBILIER DIVERS

2.1 Mobilier en verre

Deux fragments de verre V3 et V4 ont été découverts en partie sud de l'aire de travail d'épuration et dans le prolongement de celle-ci vers le nord à l'extérieur du bâtiment (fig. 22 et fig. 38). Ils appartiennent à des cols de récipients à boire. Leur épaisseur est très faible, voisine de 1 mm. Le verre, de couleur bleu-vert, est pratiquement translucide.

Des éléments de même nature ont été découverts en 1999, dans l'aire A5, au sud est du bas fourneau. Ils ont été longuement décrits et commentés (Vivet, 2008), et sont en accord avec les dates couvrant la deuxième moitié du IIe et le début du IIIe s. obtenues pour la céramique.

A noter aussi l'existence dans la fosse FT1401, d'un fragment de verre V2, vert bleu-vert pâle également, mais plus épais.

Le fragment V1 découvert également dans les couches charbonneuses riches en scories oxydées de la zone d'épuration, est de nature différente. Cet élément est de couleur vert kaki assez opaque, tirant sur le marron en transparence. Il prend un aspect de verre étiré et en partie déformé par la chaleur. La possibilité qu'il s'agisse d'un élément de décor n'est pas exclue, mais on peut tout aussi bien envisager que cet aspect et cette couleur soient d'origine accidentelle, suite à une exposition à une très forte chaleur ou bien qu'il s'agisse d'un déchet de fabrication de verre.

On note à ce sujet l'existence de quelques perles en forme de grosse goutte de couleur bleu laiteux intense prenant l'aspect d'une opaline, pouvant atteindre 4 cm de long, trouvés au sein du ferrier (photo n° 146). Leur origine est très différente des précédentes. Cette coloration est due aux sels minéraux existant dans des phases très siliceuses apparaissant de façon accidentelle et limitée dans certaines scories. D'autres vitrifications possèdent une coloration noire, ainsi qu'on a pu le voir dans l'analyse des sédiments de l'aire d'épuration.

9.2 Tuiles particulières

En dehors de la tuile déformée par la chaleur mentionnée dans la description des fosses de travail d'épuration, on note la présence de deux autres éléments particuliers.

a) Tuile (Tg8)

Il s'agit d'un fragment de tuile dans laquelle un trou oblique et conique a été ménagé avant cuisson (fig. n° 38). Ce dernier est très vraisemblablement prévu pour recevoir un clou de fixation en fer.

b) Tuile avec empreintes particulières répétitives (Tg10 à Tg13).

Plusieurs fragments dont le remontage montre qu'ils appartiennent à une même tegula ont été découverts dans le niveau d'abandon charbonneux du foyer d'épuration STR 1341, sous la couche elle-même charbonneuse 1301 recouvrant l'ensemble (fig. n° 17).

Cette tegula porte des empreintes particulières dont certaines sont des traces de doigts, mais d'autres, se présentant sous forme de marques en zigzag ou de « 8 » à la fois en creux et en relief, disposés en 4 rangées parallèles, paraissent plus énigmatiques, et pouvaient évoquer une forme d'écriture.

Une analyse plus poussée montre que ce n'est pas le cas, mais leur explication n'en est pas pour autant plus aisée. Si la marque laissée par un tissu, une cotte de maille ou un tissage d'osier est envisageable, ces hypothèses ne semblent cependant pas satisfaisantes.

La technique de façonnage de la tegula pourrait simplement être à l'origine de ces empreintes. Il s'agit probablement de la trace laissée par une matière sans doute organique, tel qu'un fragment de tissu, servant au lissage de surface des tegulae, qui pourrait avoir conservé prisonnier un ou plusieurs petit(s) fragment(s) de pierre (par exemple un petit quartz présent en tant que dégraissant) ou de bois, qui aurai(ent) suivi(s) le trajet de va-et-vient de l'opérateur sur l'argile encore meuble. On note que l'état général de surface de la tegula est peu soigné et présente de nombreuses irrégularités et empreintes antérieures à celles évoquées. Une comparaison avec d'autres cas semblables pouvant renvoyer aux méthodes de travail des tuiliers gallo-romains s'avérerait sans doute intéressante.

9.3 Silex L8 et L9.

Ce petit élément lithique lamellaire de couleur à âme marron, mais surface blanche, a été trouvé sous le niveau de labour, dans la couche de sédiment jaune du substrat comportant encore des traces de sédiment brun terreux, en bordure est du sondage S1 (fig. n° 22 et n° 38). Un autre silex fin marron (L8) a également été découvert à proximité dans ce niveau.

Les deux éléments sont issus d'un débitage lamellaire. Le silex L9 comporte une encoche et présente un faciès de grattoir à son extrémité.

Ces pièces lithiques renvoient à une présence préhistorique, sans doute néolithique, sur le site, déjà évoquée au sujet des vestiges ténus de foyer en profondeur dans le sondage S 7000, et de l'aménagement de pierres STR 1218 au sud-ouest du bâtiment.

VI.

**CONCLUSION
ET
PERSPECTIVES**

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La partie ouest de la parcelle, et en particulier une zone (Z2), qui livrait des éléments de bâti en grande quantité (tegulae et imbrices, pierres, mortier), suggérait l'existence d'un bâtiment à usage d'habitation ou de travail spécialisé à cet emplacement. Les sondages systématiques réalisés dans ce secteur ont montré qu'il s'agissait en fait d'une accumulation de matériaux de construction, à la suite du démantèlement d'un bâtiment, sans doute à des fins de récupération. Le redéploiement de la fouille sur la zone du bas fourneau (Z1) a permis la découverte d'une grande construction sur poteaux de bois qui abrite à la fois la réduction du minerai et l'épuration du métal, permettant ainsi de renseigner, pour cette dernière, une étape de la chaîne opératoire métallurgique très peu connue.

Des tegulae et imbrices ont été régulièrement mises au jour dans les couches de comblement des structures excavées au cours de la fouille sur l'ensemble de l'emprise du bâtiment sur poteau ou à ses abords immédiats. Si certaines ont pu jouer un rôle dans les postes de travail métallurgique ou dans les dispositifs de drainages, ce n'est le cas de tous les éléments mis au jour. On peut ainsi raisonnablement penser que le bâtiment possédait une couverture en tuiles. Cette quantité assez limitée de tuiles indique que le site n'a pas été livré aux éléments naturels lors de son abandon. S'il a pu s'effondrer à l'arrêt de l'installation, suite ou non à un incendie (cela est difficile à démontrer compte tenu de l'omni présence des charbons de bois), l'existence de fosses de rejets contenant tegulae et matériel métallurgique semble indiquer que le site a été nettoyé ; c'est vraisemblablement à cette occasion que les éléments de couverture ont été mis de côté. Par suite, il est très probable que les matériaux de la zone Z2 proviennent de cette construction.

Le grand bâtiment sur poteaux de bois couvre non seulement le four, mais aussi un espace de travail consacré au travail d'épuration du métal. C'est sans aucun doute l'apport majeur de la fouille ; la fouille d'une aire consacrée à cette phase opératoire dans ce type de contexte est tout à fait inédite. Elle a livré une demi-douzaine de foyers, en partie creusés dans le sol du bâtiment, qui témoigne de ce travail essentiel et méconnu. Le travail se fait au moins en partie dans des aires foyères non standardisées, peu aménagées, et installées au moins en partie dans des fosses à alvéoles, laissant un espace de travail individuel assez restreint.

L'analyse des rejets métallurgiques spécifiques, comportant des scories et agrégats scoriacés très riches en oxydes de fer, fournit une base de données préliminaire permettant de caractériser cette étape de travail. Ces témoins ne nous sans doute pas tous parvenus. La quantité de battitures et de scories ayant cette typologie ou montrant une forme en culot reste modeste en regard des centaines de tonnes de scories de réduction du ferrier et l'on peut se demander si ces matériaux ne sont pas évacués ou recyclés systématiquement, possiblement même dans le bas fourneau lui-même. La découverte de masses de fer en cours d'épuration (gromps), essentiellement grâce à la prospection électromagnétique vient compléter en partie cette caractérisation. L'examen de quelques exemplaires, donne un aperçu des états intermédiaires, parfois assez proches du produit final recherché. Une étude plus poussée de ce lot d'échantillons demanderait à être menée pour décrire plus précisément ces différents états.

Les fosses se sont comblées peu à peu et les foyers ont continué à s'installer sur les niveaux supérieurs. La découverte de plus de 80 blocs-tuyères bifides dans cette zone montre également l'intensité du travail. Ces blocs d'argile en partie cuite sont des outils permettant avec un seul soufflet d'envoyer l'air dans deux directions divergentes pour réchauffer la masse métallique à compacter et faire 'suer' les phases scoriacées qu'elle contient. La découverte de ces objets en grand nombre, à l'emplacement de leur utilisation, est tout à fait exceptionnelle et permet dès lors de mieux comprendre leur fonctionnalité.

Le corpus très fourni de tuyères mis au jour à Pilleverte est sans commune mesure avec le nombre d'exemplaires découverts ailleurs en contexte métallurgique. Sa description précise a permis de rendre compte de constantes dans le mode de fabrication des blocs-tuyères, indispensables à leur bon fonctionnement, telle que

le diamètre des divergents et leur hauteur par rapport au sol, mais aussi de grandeurs variables (angles d'ouverture et d'inclinaison du divergent, dimensions globales, typologie formelle...), sans doute plus liée à la part humaine entrant dans leur façonnage.

Cette découverte de blocs-tuyères en aussi grande quantité *in situ* dans l'aire de travail d'épuration permet de donner une réponse à la problématique portant sur leur attribution fonctionnelle. La question se posait en effet de savoir si les exemplaires trouvés en fouille et en prospection sur les ferriers gallo-romains (en forêt de Sillé-le-Guillaume par exemple) étaient utilisées pour la ventilation du bas fourneau, ou bien si leur emploi concernait seulement les opérations de post-réduction, en l'occurrence, épuration ou forge. Une synthèse des mentions permettant de faire un calcul sur 19 valeurs publiées (Bardow dans le Sussex, Carpow dans le Perthshire, Autun) aboutissait à un diamètre moyen de 15 mm pour ces conduits bifides trouvés en contexte de forge (Vivet, 2008). Le corpus de Pilleverte fournit une valeur moyenne bien centrée autour de 17,4 mm pour 141 mesures, dont l'ordre de grandeur est très proche de cette première évaluation. Comme on le sait, la valeur de ce diamètre constitue un des critères de différenciation important par rapport aux tuyères de bas fourneau, dont le diamètre est général nettement plus grand (ordinairement compris entre 3,5 et 5,5 cm).

On peut citer à ce sujet l'amas de blocs tuyères usagés, fabriqués en réfractaire fin, mis au jour dans le ferrier de Montrouch, dans le cadre des fouilles des Martys (Domergue, 1993). Ces blocs à base plane et à section rectangulaire aux angles supérieurs arrondis, possèdent une section plus haute et moins large à l'avant qu'à l'arrière et ont une forme plus allongée, que ceux de Pilleverte. On retrouve cependant le même principe de fonctionnement : deux conduits parallèles juxtaposés (27 mm de diamètre, donc cette fois plus grands) s'unissent pour en former un seul (45 mm de diamètre), qui s'ouvre légèrement en pavillon de trompette. Sur la base, absolument plane, des stries ont moulé les veines de la planche de bois sur laquelle elle a été façonnée ; le nez est parfois bouché par de la scorie. L'interrogation était posée en ces termes : « Comme la ventilation des bas fourneaux classiques est assurée par des conduits ménagés dans l'épaisseur des parois, ces blocs tuyères devaient être utilisés ailleurs, par exemple dans les foyers d'épuration ». L'hypothèse ainsi formulée alors pour le site des Martys, trouve une confirmation tangible, suite à la fouille du site de Pilleverte.

Enfin, le plan d'ensemble de l'atelier, comportant une séparation entre les deux zones de travail, témoigne d'une dichotomie entre les tâches de réduction et post réduction, qui pourrait refléter une spécialisation des tâches.

Aux abords de l'atelier deux grandes fosses ont livré un mobilier céramique (sigillées, mortier, poterie gallo-romaine commune, comptant notamment des pichets et des écuelles), ainsi que des fragments de meules en grès et en basalte. Trois imposants pesons d'argile cuite (environ 6 kg pour deux d'entre eux et 11 kg pour le troisième) s'y trouvaient également. Les dimensions assez exceptionnelles de ces artefacts posent la question de leur utilisation en contexte métallurgique. Leur emploi comme contrepoids pour l'activation des soufflets du bas fourneau ou bien des foyers d'épuration par l'intermédiaire des tuyères-blocs est envisageable, mais demande à être étayée.

Un autre apport important concerne la phase opératoire de traitement du minerai révélée par la mise au jour de ces meules. Leur utilisation pour le broyage du minerai vient confirmer la forte présomption de l'existence d'une telle opération sur place, avancée lors de la fouille de 1999, suite à la découverte d'une couche de minerai grillé pulvérulent à l'est du bas fourneau ; elle conforte également l'hypothèse selon laquelle la granulométrie des charges minérales introduites dans le bas fourneau est très fine. Cette utilisation de meules rotatives au cours de la période antique dans le domaine de la sidérurgie constitue un résultat essentiel, à la fois sur le plan de la minéralurgie, et de la métallurgie de réduction. Il semble bien qu'il s'agisse de la première attestation que l'on ait, d'emploi de cette technique pour le broyage de minerai de fer grillé.

Le module du minerai que l'on charge dans le four constitue une donnée fondamentale pour la compréhension du fonctionnement du four ; elle conditionne le mode opératoire suivi pour la conduite de la réduction (lien avec le rythme de soufflage, module du charbon, durée entre deux charges successives...). En tout état de cause, ce type de technique vise à ramener les blocs de minerai à l'état de poudre ou d'un état très proche de celui-ci. Il

s'agit également d'une donnée importante du point de vue typologique, pour la compréhension de l'aspect très particulier des écoulements de scories, à l'origine de leur forme en « plaquettes ».

Il est fait appel en particulier à des meules d'importation en roche volcanique venant vraisemblablement du Massif Central. Si plusieurs dizaines de meules de cette provenance ont pu être identifiées en Loire-Atlantique, de telles occurrences n'ont pas été pour l'instant mentionnées, sauf erreur, en Bretagne nord. Elles n'apparaissent pas, par exemple, dans le travail réalisé en 1996 sur les meules gallo-romaines du nord de la Haute-Bretagne portant sur 42 exemplaires étudiés du point de vue pétrographique sur environ 270 éléments découverts en Bretagne (Triboulet, Langouët et Bizien-Jaglin, 1996).

Les fortes dimensions observées sur les meules mises au jour à Pilleverte, impliquent l'utilisation de la force humaine ou animale (meules dites « à sang »), si on exclut la force hydraulique. Par ailleurs, la mise en œuvre de la technique de l'anille-crampon, en plus de son rôle de centrage, permet un réglage de l'intervalle entre *catillus* et *meta*, ce qui paraît particulièrement bien adapté aux variations dimensionnelles des blocs de minerai à broyer et à l'obtention d'une granulométrie finale déterminée.

Si l'emploi aux périodes antiques de meules en contexte minier et en métallurgie des non ferreux (or, cuivre, argent, plomb) est relativement courant, les exemples d'utilisation en contexte sidérurgique sont très peu fréquents ((Domergue, Beziat, Cauüet, et *alii*, 1997). A ce titre, on citera en premier lieu le site sidérurgique gallo-romain de Latté à Oulches, en activité au IV^e siècle ap. J.-C, à environ 17 km de l'agglomération antique d'*Argentomagus* (Indre). La découverte de plusieurs fragments de meules concerne des éléments qui n'étaient pas en place mais dans les couches supérieures du site. Bien que l'on ne puisse pas l'assurer formellement, la présence de couches de couleur rouge, constituées de fragments de différents minerais en poudre d'après les analyses, incitent à voir une utilisation pour un broyage à cet effet (Dieudonné-Glad, 2000). On note au passage que l'aspect pulvérulent de ces résidus de minerai grillé indique, potentiellement, comme à Pilleverte la fine granulométrie de la charge minérale introduite dans le bas fourneau.

Le second exemple concerne la découverte de meules rotatives sur le site bien connu des Martyrs dans l'Aude, au sein des énormes amas de scories, tant au Grand Ferrier qu'à Montrouch (Domergue, 1993). Ces meules ont été classées en deux types meules : à bras (7 éléments) et moulins de type pompéien (8 éléments). Les premières sont en roche dure : granite, conglomérat et un exemplaire en basalte d'Agde. Leurs diamètres vont de 34 à 63 cm. Les secondes sont toutes en phonolite téphritique à leucite, roche dont la signature minéralogique et chimique permet d'assurer avec une très forte probabilité la provenance, en l'occurrence de la région d'Orvieto (Italie). Les diamètres conservés vont de 59 à 70 cm et les hauteurs de 52 à 93 cm.

A la suite d'analyses de microcarottages réalisés sur la surface interne d'un *catillus* pompéien (microscope électronique à balayage, MEB de l'ENS de Chimie de Toulouse), ces moulins ont été interprétés comme étant utilisés pour broyer de la scorie, non pas pour récupérer le fer brut de réduction pouvant subsister dans celle-ci, mais plutôt pour permettre leur emploi comme « fondant » dans les opérations de réduction.

Les exemplaires de moulin pompéiens ont été découverts dans les niveaux de scories du I^{er} s. av. J.-C. Un élément, extrêmement usé, remonte à une couche augustéenne. Mais aucun autre fragment n'apparaît dans les niveaux plus tardifs du I^{er} au III^e siècle ap. J.-C. Les moulins à bras d'époque romaine, qui ont pu être situés chronologiquement, sont attribuables au I^{er} s. av. J.-C.

L'exploration du bas fourneau et de la fosse de travail associée en contrebas de celui-ci a été poursuivie. L'existence d'un premier four de dimensions bien plus importantes que celles du four dans son état final, montrant l'état laissé par la dernière opération, a été validée du côté ouest. On a pu reconnaître en coupe et au fond du four sa première assise, bien cohérente, très nettement séparée des états ultérieurs du bas fourneau, par un aménagement de pierres nombreuses et serrées, disposées verticalement, sans doute destiné à soutenir la partie du four en élévation. Ce soutien partiel de la cheminée par des pierres semble également exister sur le site du Buisson, mais pas à Roche Brune ; elle est naturellement flagrante dans le cas des bas fourneaux des Martyrs.

En l'absence de pente naturelle (comme à Roche Brune) ou artificielle (comme au Buisson, où une plateforme d'argile a été aménagée), divers dispositifs de drainage du bas fourneau ont été installés à Pilleverte. On notera que, même dans le cas de Roche Brune, des rigoles peu profondes ont été aménagées préalablement à la construction des fours, pour drainer les structures et maintenir les fourneaux hors d'eau en cas de ruissellement. L'un deux, à Pilleverte, très ingénieux et original, a été mis en place lors de la phase d'installation et de fonctionnement du premier four. Son plan a pu être validé. Il part du fond du four sous la forme d'un radier de pierres et de parois de four, qui se prolonge ensuite par une sorte de canalisation en demi-lune faite d'imbrices mises bout à bout. L'évacuation finale, encore recouverte par l'important ferrier n'a pas été encore reconnue. Dans les niveaux supérieurs, de très probables tuyaux de bois, ont pris le relais de la 'canalisation' pour assurer le drainage du four. Ils débouchent dans un bassin qui a été partiellement mis au jour.

Concernant l'aspect architectural et chronologique du bâtiment qui abrite les métallurgistes, les nombreux calages de poteaux, réalisés quasiment tous les mètres, permettent d'envisager une construction autoporteuse avec poutres transversales et ferme pouvant se rapprocher de l'allure du bâtiment de Wanborough (fig. 41), mais avec calage des poteaux et *a priori* sans sablière basse et en plus large et moins long, ou d'un schéma de construction à une seule nef (fig. 40), avec couverture de tegulae et imbrices. Le bâtiment a connu au moins deux phases de fonctionnement. Une reconstruction du bâtiment semble bien s'accompagner de son remaniement avec création d'une extension de la bâtisse vers le nord, accordant une place encore plus importante à ce travail de préparation du fer épuré.

Compte tenu de la durée de vie moyenne des constructions en bois, variable selon les auteurs, de l'ordre de 15 à 40 ans, et la réfection du bâtiment qui est observée dans le cas de Pilleverte, on peut considérer, hors incendie ou destruction accidentelle par les intempéries, que l'atelier a bien pu avoir une durée de fonctionnement de l'ordre de 50 ans. La fouille de la partie ouest située entre l'atelier et le talweg est cependant nécessaire pour pouvoir préciser la durée d'activité du site dans son ensemble.

Les éléments céramiques nouveaux mis au jour en 2011 restent en accord avec l'attribution faite en 1999 pour la partie de l'atelier située autour du fourneau ; celle-ci paraît bien généralisable à l'ensemble du site métallurgique dont l'activité se situe dans l'intervalle entre la deuxième moitié du IIe s. et le début du IIIe s.ap. J.-C.

Concernant le contexte plus large dans lequel s'inscrit le complexe technique de l'atelier, on peut aussi s'interroger sur la présence de céramique dite Gauloise 12, que l'on trouve en Normandie, dans les îles anglo-normandes, dans le sud-est de la Bretagne insulaire, mais qui est très peu présente en Bretagne continentale (Tchernia, 2011). Ce commerce régional, fait visiblement appel à la voie maritime, et en ce sens, on peut penser que le site de Pilleverte a pu bénéficier d'apports venant du port de Reginca-Alet. Malgré la destruction de l'agglomération gauloise en 20-25 ap. J.-C., et le transfert du chef lieu de la cité des coriosolites à Corseul (*Fanum Martis*), le port de Reginca, point de contact entre la navigation fluviale et maritime, n'est pas abandonné, et son activité se poursuit très certainement en lien avec celle du port de Taden sur la Rance, en attendant sa réactivation et réorganisation spatiale (création d'une enceinte) dans la deuxième moitié du IIIe siècle ap. J.-C. (Langouët, 1996). Une prospection réalisée dans le secteur du quai Solidor, par le Ce.R.A.A., sous la direction de Catherine Bizien, est venue très récemment conforter matériellement cette occupation du port dans la période qui nous intéresse. On comprend l'importance de cet axe, qui, se poursuivant avec la Vilaine, permet d'éviter le contournement de la pointe armoricaine.

L'aspect des bâtiments des ateliers de réduction gallo-romains de « Pilleverte » à Plesder, du Buisson à Saint-Evroult-de-Montfort dans l'Orne fouillé sous la direction de J.-Y Langlois en 2005 (Langlois, 2005), et de Roche Brune à Sillé-le-Guillaume fouillé sous la direction de Florian Sarreste (Sarreste, 2008), présente de grandes similitudes (fig. 142 et 143). Les dimensions des constructions sur poteaux sont étonnamment semblables dans les trois cas : (11 m ou 15 m) x (6,80 m ou 7 m). Le four et l'aire de chargement du gueulard

sont abrités. Seule la partie proximale de l'aire de travail basse donnant sur la porte du bas fourneau l'est également.

La grosse différence conceptuelle dans le cas du Buisson et de Roche Brune provient de l'existence de deux bas fourneaux disposés en parallèle sous le même bâtiment. Au Buisson, le travail de post-réduction est réalisé semble-t-il dans un autre bâtiment ; à Roche Brune, cette phase opératoire n'est pas formellement localisée.

Outre les précisions apportées au dispositif de production du fer (bas fourneau) dont l'étude était déjà bien engagée avec la fouille de 1999, la fouille de 2011 a permis d'aborder l'organisation du complexe technique qui la sous-tend. Elle nous livre une image tout à fait exceptionnelle du contexte de travail d'épuration dans un atelier sidérurgique gallo-romain.

Si l'on examine ces données sous l'angle de l'histoire des techniques, l'originalité et la constance de l'ensemble du procédé utilisé, très différent de celui utilisé à La Tène moyenne et finale, qui livre une typologie particulières de scories en 'plaquettes', le plan général des installations, et le complexe technique dans son ensemble, donnent à penser que l'on passe d'un mode de production du fer artisanal de tradition essentiellement orale, à une technique rappelant celle de l'essor des sciences à partir du XIVe-XVe siècle faisant appel à une pérennité de la méthode, dont la mémorisation est permise grâce à sa fixation par l'écrit (Garçon, 2012).

Quand on considère les très grandes similitudes existant entre les sites de Pilleverte, du Buisson et de Roche Brune, et d'une série de sites en partie regroupés, qui livrent des ferriers dont la masse se compte en millier(s) de tonnes, et dont les installations et le procédé suivent des schémas et chaînes opératoires très semblables, on est amené à y voir le reflet d'un dynamisme économique d'ensemble, qui pourrait être initié au niveau des élites des *civitas* concernées. Le commerce du fer sous la forme d'un semi-produit forgeable, auprès de centres de négoce, de reconditionnement ou d'ateliers de forge, s'inscrit très certainement dans un réseau d'échanges à grande distance.

La fouille du site n'est pas achevée. Les sondages réalisés autour de l'atelier livrent de nombreux autres vestiges métallurgiques en particulier dans la partie qui jouxte le sondage S1 vers l'ouest, jusqu'au petit talweg. L'existence d'un autre bas fourneau avec installation de traitement en post réduction du métal est envisageable. Des témoins plus modestes comportant des fosses et un petit calage de poteau réalisé à l'aide de tegulae (dans une disposition similaire à celle rencontrée dans la fouille d'une villa gallo-romaine à Cornebarrieu, fig. 39) évoquent un habitat plus léger, sans doute pour les travailleurs. Cette question demande vérification au moyen d'un décapage plus étendu au nord de S1.

La fouille du comblement du long fossé F 1500 qui débouche dans ce secteur n'a pas été réalisée en 2012, mais compte tenu du mobilier découvert dans les fosses 1401 et 1402, il pourrait receler des éléments importants pour l'interprétation de l'atelier et mériterait d'être exploré dans toute sa longueur. Son axe distinct de celui du bâtiment métallurgique indique clairement que le site a du faire l'objet d'un réaménagement important avec stockage des matériaux de construction dans la zone Z2. L'investigation permettrait également de mieux comprendre la restructuration qui s'est opérée suite à la fermeture de l'atelier métallurgique.

Le terrain a été rebouché et restitué à sa fonction agricole. Ces indices montrent cependant que le site recèle encore un potentiel archéologique important méritant d'être exploré. Il s'inscrit d'ailleurs dans un ensemble de production plus vaste, puisque des témoins d'une métallurgie semblable ont été reconnus à 400 m de là, à la Colombière, et à 1,3 km en direction du sud, à la Ferrière, toujours sur la commune de Plesder, dans le cadre de la prospection thématique de cette même année (fig. 44). Si des blocs de minerai ont pu être localisés dans ce dernier secteur et leur concordance chimique avec celui de Pilleverte a pu être établie, le lieu d'extraction des centaines de tonnes nécessaires à cette production, demande à être précisé.

Bibliographie générale

AMOURIC, H., 1997a – L'anille et les meules, in GARCIA, D. et MEEKS, D. (dir.), *Techniques et économie antiques et médiévales: le temps de l'innovation* (Colloque international d'Aix-en-Provence, 1996), Paris, éditions Errance, p. 39-47.

AMOURIC, H., 1997b – Moulins domestiques et moulins hydrauliques en Provence de l'Antiquité au XII^e siècle, *La vida medieval als dos vessants d'Andorra: quatrième cours d'archéologie d'Andorre*, p. 85-104.

BARDEL J-P et JUBLIEN R., 1980, rapport de sauvetage: Le Biffoué 'Les Hervins' à GUIGNEN (35)

BIZIEN-JAGLIN et al. 2002, Bizien-Jaglin C., Galliou P. et Kerébel H. - *Côtes-d'Armor - 22*, Carte Arch. de la Gaule, Acad. des Inscr. et B.-L., MSH, Paris, 406 p.

BOYER F. et BUCHSENSCHUTZ, O., 2001 – Les meules rotatives manuelles, in BERTHAUD, G. (dir.), *Mazières-en-Mauges gallo-romain (Maine-et-Loire), Un quartier à vocation artisanale et domestique*, Angers, ARDA-AFAN, p. 171-185.

ARCELIN Patrice et BUCHSENSCHUTZ Olivier, 1985, Les Données de la protohistoire, in LASFARGUES Jacques (dir.), 1986, Architectures de terre et de bois, D.A.F., Ed. de la Maison des Sciences de l'Homme, Paris, p. 15 à 28.

BUCHSENSCHUTZ O., Luc JACCOTTEY, Florent JODRY, Jean-Luc BLANCHARD (dir.), 2011, - Évolution typologique et technique des meules du Néolithique à l'an mille, Actes des III^e Rencontres Archéologiques de l'Archéosite gaulois, *Aquitania Supplément 23*, Bordeaux, 490 p.

CHAUVEL J.-J., VIVET J.-B. et BONNIOL-JARRIER C., 1999, Etude minéralogique préliminaire du mobilier paléosidéurgique dans le Nord de la Haute-Bretagne, *Les dossiers du Ce.R.A.A.*, **27**, p. 87-100.

CHAUVEL J.-J. et VIVET J.-B., 2001, - Le bassin paléosidéurgique de l'est de la Rance – Caractérisation et étude comparative des ressources minières et des minerais de fer grillés à l'Age du Fer et à l'époque gallo-romaine, *Les Dossiers du Ce.R.A.A.*, **29**, p. 59-72.

Nicola COULTHARD (Coord.), 2011, - Présentation des apports scientifiques par thème ; La construction romaine, Bilan de la recherche archéologique 1984-2004, Volume II, L'antiquité, S.R.A.Basse-Normandie, D.R.A.C. Normandie, p. 45 à 49.

P.-M. DECOMBEIX, C. DOMERGUE, J.-M. FABRE, A. GORGUES, C. RICO, F. TOLLON ET B. TOURNIER, " Réflexions sur l'organisation de la production du fer à l'époque romaine dans le bassin supérieur de la Dure, au voisinage des Martyrs (Aude) ", dans *Gallia*, **57**, 2000, p. 23-36.

DIEUDONNE-GLAD Nadine, 2000, - L'atelier sidéurgique gallo-romain du Latté à Oulches (Indre), *Gallia*, Tome **57**, p. 63-75.

DOMERGUE C., 1993, - Un Centre Sidéurgique Romain de la Montagne Noire. Le Domaine des Forges (Les Martyrs, Aude), sous la Direction de DOMERGUE C., **27^{ème} suppl.**, *Revue archéologique de la Narbonnaise*, Paris, **477**, p., 292 fig.

DOMERGUE C., BEZIAT D., CAUET B. [et al.], 1997, Les Moulins rotatifs dans les mines et les centres métallurgiques antiques, in *Techniques et économie antiques et médiévales-Le temps de l'innovation*, Paris, ed. errance, p. 48-61.

DOMERGUE CLAUDE, JARRIER CATHERINE, TOLLON FRANCIS, 1999, -. La métallurgie extractive du fer dans la Montagne Noire (France) à l'époque romaine. Nouveaux documents. In: *Revue archéologique de Narbonnaise*, Tome **32**, 1999. pp. 147-156.

GARÇON A.-F., 2012, - « L'imaginaire et la pensée technique »...

GASCÓ Jean, 2002, « Structures de combustion et préparation des végétaux de la Préhistoire récente et de la Protohistoire en France méditerranéenne », *Civilisations*.

GUILLIER G., BRIARD M. ET CHEREL A.-F., 2005, - Un atelier augustéen de taille de meules en poudingue au “ Clos de la Forge ” à Avrilly (Eure), *RAO*, 22 : 199-220.

LE NY Françoise, Les fours de tuilier gallo-romains, DAF n° 12. (R 123)

Le Ny F., 1993, - Fouilles de l'atelier de tuilier gallo-romain, à TRESSÉ (Ille-et-Vilaine), dossiers du CE.R.A.A, N°P, 183 p.

J.-Y. LANGLOIS, 2006, rapport de fouille du site Le Buisson sur la commune de Saint-Evroult-de-Montfort dans l'Orne, INRAP.

LANGLOIS Jean-Yves, DELOZE Valérie, GUILLER Gérard, ZAOUR Nolwenn (collab.), 2005 - ALENCON – SAINT-EVROULT DE-MONTFORT - Le Buisson A28 Rouen RFO, 2005 (RAP 001709). SRA Basse-Normandie.

LANGOUET Loïc, 1984, - Les meules rotatives en pierre et les pesons de brique d'époque romano-gauloise en Armorique, Dossiers du Ce.R.A.A., **12**, p. 41-48.

LANGOUET Loïc, 1996, - La cité d'Alet ; De l'agglomération gauloise à l'île de Saint-Malo, Ed. Centre Régional d'Archéologie d'Alet, 128 p.

LANOS Ph., 1984, - La métallurgie ancienne du fer dans le nord de la Haute-Bretagne, *In La prospection archéologique en Haute-Bretagne-Ses apports à l'histoire du milieu rural dans l'antiquité*, Dossiers du CeRAA, N°G, p 147-170.

LONGEPIERRE, S., 2007 – L'apport des meules dans la connaissance des moulins hydrauliques romains en Languedoc, *in BRUN, J.-P. et FICHES, J.-L. (dir.), Energie hydraulique et machines élévatrices d'eau durant l'Antiquité* (Actes du colloque international de Vers-Pont-du-Gard, 2006), Naples, Centre Jean Bérard, p. 167-183, fig.

LONGEPIERRE Samuel, 2010, - Moulins manuels, à sang et hydrauliques durant l'antiquité dans le Sud-Est de la France ; essai de définition, *In BUCHSENSCHUTZ O., Luc JACCOTTEY, Florent JODRY, Jean-Luc BLANCHARD (dir.)*, 2011, - Évolution typologique et technique des meules du Néolithique à l'an mille, Actes des IIIe Rencontres Archéologiques de l'Archéosite gaulois, *Aquitania Supplément 23*, Bordeaux, p. 81 à 94.

ORENGO L., BONNON J.-M., BEVILACQUA D., 2000, - L'emploi des blocs-tuyères dans les forges antiques du centre de la Gaule (Auvergne, Lyonnais et Forez au Deuxième âge du Fer et à l'époque romaine); découvertes archéologiques et expérimentation, Monographies *Instrumentum*, **12**, p. 121-136.

ORENGO L., 2003, - Forges et forgerons dans les habitats laténiens de la Grande Limagne d'Auvergne. Fabrication et consommation de produits manufacturés en fer en gaule à l'Age du Fer, Monographies *Instrumentum*, 26, ed. Monique Mergoil, Montagnac, 325 p.

PAGES Gaspard, LONG Luc, FLUZIN Philippe, DILLMANN Philippe, 2008, - Réseaux de production et standards de commercialisation du fer antique en Méditerranée : les demi-produits des épaves romaines des Saintes-Maries-de-la-Mer (Bouches-du-Rhône). In: *Revue archéologique de Narbonnaise*, Tome 41, 2008. pp. 261-283.

POLINSKI Alexandre, 2009, « Note sur des meules en trachy-andésite d'époque romaine découvertes en Loire-Atlantique », *Revue archéologique de l'Ouest*, 26.

QUEVILLON (S.), 2007– Un atelier paléométallurgique à Saint-Evroult-de-Montfort. In : Delrieu (F.), Desloges (J.) et Quévillon (S.) – *ArchéOrne, 250 ans d'archéologie dans l'Orne*, Cabourg, Cahiers du Temps, 2007, p. 115.

ROMANO Pascal, 2008, - Voie ancienne en Forêt de Liffré, commune de Liffré (Ille et Vilaine), rapport de sondage archéologique, SRA Bretagne, Rennes, 65 p.

SARRESTE Florian, 2008, La sidérurgie ancienne dans le Bas Maine (VIIIe s. av.-XVe s. ap. J.-C., Thèse soutenue le 24 novembre 2008, à l'Université de Tours, sous la direction de Alain Ferdière et Nadine Dieudonné-Glad, Ressource électronique SCD de l'université de Tours, 835 p.

DANIEL SCHAAD (DIR.), JEAN-CHARLES BALTY, PAUL-ANDRE BESOMBES, ANNE BOUQUILLON ET AL., 2007, *La Graufesenque (Millau, Aveyron)*, vol. I : *Condatomagos, une agglomération de confluent en territoire rutène : II^e s. a.C. - III^e s. p.C.*, Pessac, Fédération Aquitania, coll. « Études d'archéologie urbaine »

SERNEELS V., 1999, - Le travail du fer et les objets en fer, In Chardon-Picault P., et Pernot M., (dir.), *Un quartier antique d'artisanat métallurgique à Autun (Saône et Loire), le site du lycée militaire*, Ed. de la Maison des Sciences de l'Homme, Paris, p201-218.

TCHERNIA André, 2011, - Les Romains et le commerce, Ed. Naples, Centre Jean Bérard, Etude VIII, Centre Camille Jullian, 439 p.

TRIBOULET C., LANGOUET L. et BIZIEN-JAGLIN C. 1996, Recherches sur les origines de meules gallo-romaines dans le nord de la Haute-Bretagne, dossiers du Ce.R.A.A., N°24, p.

VITRUVÉ, -Les dix livres d'architecture, Ed. Balland, 1979, 350 p.

VIVET J-B, 1997 - Paléoméallurgie du fer à l'est de la Rance et dans le Combournais - bilan interprétatif des données de prospection, *Les Dossiers du Ce.R.A.A.*, **25**, p.57-90.

VIVET J-B, 2001, - Le Rocher Abraham, St Pierre de Plesguen (35): un témoin essentiel de l'activité sidérurgique gauloise du Nord de la Haute-Bretagne, *Les Dossiers du Ce.R.A.A.*, **29**, p. 79-94.

VIVET J.-B., 2007, - La production du fer protohistorique en haute Bretagne d'après les résultats des prospections, des fouilles d'ateliers et des analyses archéométriques, in *L'économie du fer protohistorique : de la production à la consommation du métal*, actes du XXVIII^e colloque de l'A.F.E.A.F., Toulouse 20-23 mai 2004, Aquitania, *suppl.14/2*, éd. Ausonius, p 63-84.

VIVET J-B, 2008, - Pilleverte II, en Plesder (35) : Un atelier armoricain de production massive de fer au haut-empire, *Les Dossiers du Ce.R.A.A.*, **36**, p. 73-102.

WACHER J.S., 1985, - La Bretagne, généralités ; Nord-ouest de l'Empire, in LASFARGUES Jacques (dir.), 1986, *Architectures de terre et de bois*, D.A.F., Ed. de la Maison des Sciences de l'Homme, Paris, p. 143 à 151.

Bibliographie mobilier céramique

Besnard-Vauterin 2009 : BESNARD-VAUTERIN (Ch-C.) (Dir.), *En plaine de Caen, une campagne gauloise et antique, l'occupation du site de l'Étoile à Mondeville*, Presses universitaires de Rennes, 2009, 312 p.

Bizien-Jaglin, Sorinas 2010 : BIZIEN-JAGLIN (C.), SORINAS (S.), avec la coll. de GUERIN (D.) et VIVET (J.-B.), Le mobilier provenant de l'Hôtellerie, à Corseul (Côtes-d'Armor), *Les dossiers du Centre régional d'archéologie d'Alet*, **38**, 2010, p. 87-106.

Brulet, Vilvorder et Delage 2010 : BRULET (R.), VILVORDER (F.) et DELAGE (R.), avec la col. de LADURON (D.) – *La céramique romaine en Gaule du nord, dictionnaire des céramiques. La vaisselle à large diffusion*, Brepols, 2010, 464 pages.

Chuniaud, Mortreau 2002 : CHUNIAUD (K.), MORTREAU (M.), Un ensemble céramique de la première moitié du II^e siècle sur le site de La Grande Boissière à Jublains (Mayenne), dans *SFECAG, Actes du congrès de Bayeux*, 2002, p. 159-176.

Daré, Triste 2012 : DARE (S.), TRISTE (A.), Les ensembles céramiques des II^e et III^e siècles après J.-C. de la villa du Boizy à Vannes (56 - Morbihan), dans *SFECAG, Actes du congrès de Poitiers*, 2012 à paraître.

Ferrette 2003 : FERRETTE (R.), *La céramique gallo-romaine su site de Monterfil II à Corseul (Côtes-d'Armor), Etudes d'ensembles de l'époque augustéenne au début du IV^eème siècle*, éditions Monique Mergoïl, Montagnac, 2003, 223 p.

Guillier 1997 : GUILLIER (G.) – La Production céramique du Haut-Empire de l'officine rurale de La Bosse (Sarthe), dans *SFECAG, Actes du congrès du Mans*, 1997, p.239-254.

Laubenheimer, Lequoy 1992 : LAUBENHEIMER (F.) et LEQUOY (M.-C.), Les amphores Gauloise 12 de Normandie. Le matériel de la nécropole de Vatteville-la-Rue. In : LAUBENHEIMER F. (dir.), *Les amphores en Gaule, productions et circulation*. Table ronde international de Metz, 1990, Centre de recherches d'Histoire ancienne, vol. 116, Paris, 1992, p.75-92.

Le Ny 1993 : LE NY (F.), *Un atelier gallo-romain de productions céramiques à Tressé (Ille-et-Vilaine), Synthèse de quatre années de recherches 1986-1989*, Editeur Centre régional d'Archéologie d'Alet, Saint-Malo, 1993, p. 184.

Menez 1985 : MENEZ (Y.), *Les céramiques fumigées de l'Ouest de la Gaule*, Cahiers de Quimper antique, n°2, 1985, 172 pages.

Menez 1989 : MENEZ (Y.), Les céramiques fumigées (*terra nigra*) du Bourbonnais : étude des collections de Nérès-les-Bains et Châteaumeillant. *Revue archéologique du centre de la France*, 1989, 28, 2, p. 117-178.

Pouille 2008 : POUILLE (D.) (dir.), *Rennes antique*. Presses Universitaires de Rennes, coll. Archéologie et Culture, Rennes, 2008, 438 pages.

Stanfield, Simpson 1990 : STANFIELD (J.A.), SIMPSON (G.), *Les potiers de la Gaule centrale, Recherches sur les ateliers de potiers de la Gaule centrale*. Tome V, RAS, hors série n°37, 1990, 450 pages.

Tuffreau-Libre 1996 : TUFFREAU-LIBRE (M.), Les poteries modelées, *Dossiers d'Archéologie*, n° 215, 1996, p. 56.



Photo n°1 : vue satellite du site de Pilleverte II à Plesder. Noter la coloration des couches de labour en noir, à l'emplacement de la zone de scories carbonneuse (Z1) et orangée à l'emplacement de la concentration de tegulae (Z2).



Photo n°2 : vue satellite du site un mois après la fouille de 2011.



Photo n° 3 : Vue aérienne du site et de l'implantation des sondages (cliché Catherine Bizien).



Photos n° 4 et 5 : Sondage S8000 et S16000, zone Z2 ; couche d'humus riche en tuiles et éléments de bâti.



Photos n°6 : Sondage S8000, test en profondeur foyer probablement préhistorique.



Photos n°7 : Sondage S10000, fossé probablement moderne proche du ruisseau des Landes.



photo n°8 : sondage S 8000



photo n°9: sondage S 14000



photo n° 10: sondage S 2000, côté sud.



photo n° 11: sondage S 2000, côté nord.



photo n° 12: sondage S 3000, transition entre amas de scories et secteur de rejets métallurgiques variés.

photo n° 13: sondage S 3000, amas de scories en plaquettes au sud.





photo n° 14: sondage S 3000, côté nord comportant une zone riche en mobilier, ainsi qu'un gros bloc de pierre aux formes travaillées, dont on aperçoit le lieu d'extraction.



photo n° 15: sondage S 3000, côté nord.



photo n° 16: sondage S 4000, fossés F4001 et F4002, fosse STR 4003, vus de l'est.

photo n° 17: sondage S 4000, fossé F1500, fosses STR 4004, 4005, 4006, trous de poteau TP 4007, 4008, 4009 et 4010, vus de l'extrémité est.





Photo n°18 : sondage S 4000, calage de poteau PT 4010



Photo n°19 : sondage S 4000, fosse F 4005



Photo n°20 : sondage S5000



Photo n°21 et 22 : sondage S5000, extrémités est et ouest.



Photo n°23: sondage S6000.



Photo n°24: sondage S6000, extrémité ouest.



Photo n° 25 : Atelier métallurgique ; bâtiment vu du sud. Bas fourneau (à gauche) et fosse à minerai F 1205 (à droite), en premier plan.



Photo n° 26 : Atelier métallurgique ; bâtiment vu du nord. Zone de post-réduction excavée au premier plan.



Photo n° 27 : entrée dans la partie nord du bâtiment, entre les poteaux 1360 et 1361 (non encore fouillés ici, à droite du poteau 1312), marquée par un seuil (blanc) faisant transition entre la zone de circulation externe orange (au milieu) et la zone de travail d'épuration noire (en bas à droite).

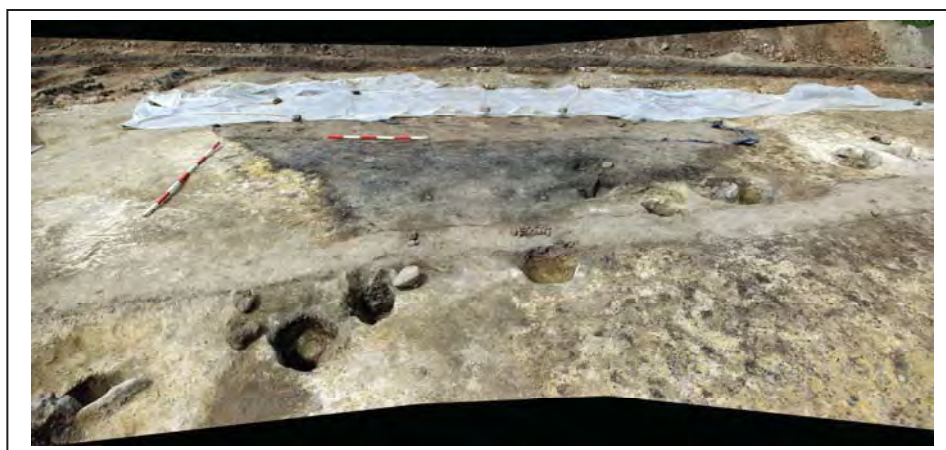


Photo n° 28 : cloison entre les deux corps du bâtiment (entre zone blanc-jaune du secteur réduction à gauche et zone très charbonneuse du secteur de post-réduction à droite) ; fossé F1500 traversant la ligne de poteaux est au premier plan.

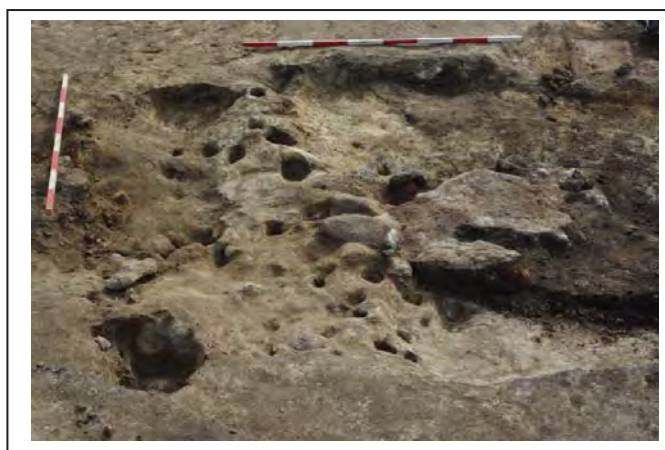


Photo n° 30 : talus interne avec calages de piquets en façade nord.

Photo n° 29 : extrémité sud-ouest de la cloison interne du bâtiment ; trous de piquets dans une masse d'argile jaune ayant flué dans la zone de travail d'épuration, excavée.



Photo n° 32 : partie inférieure du calage 1219, avec tesson au fond.



Photo n° 31 : fosse F 1205 fouillée en partie en 1999 ; trou de poteau 1219 avec blocs de minerai, dans l'angle du sédiment de rebouchage de 1999.



Photo n° 33 : fosse 1205 coupée par le fossé F 1500 ; emplacement du calage 1217.



Photo n° 34 : comblement supérieur du calage 1217



Photo n° 35 : calage 1212 avec blocs de minerai.



Photo n° 36 : angle sud-ouest du bâtiment ; Bas fourneau au fond, fosse F 1205 à droite.



Photo n° 37 : tranchée verticale dans la moitié nord du bas fourneau



Photo n° 38 : section horizontale du bas fourneau



Photo n° 39 : Fosse de travail ; gros blocs de pierres à l'entrée du four et niveaux inférieurs.



Photo n° 40 : Fosse de travail et son prolongement ouest ; témoins de drainage linéaires et fosse réceptacle, à gauche ; amoncellement de fragments de parois de four dans la moitié sud de la fosse, à droite.



Photo n° 41 : coupe axiale de la fosse de travail FT1, vue du nord.



Photo n° 42 : suite de la coupe axiale de FT1 vers l'intérieur du bas fourneau.



Photo n° 43 : bas fourneau vu du dessus ; radier pénétrant dans le fond du four.



Photo n° 44 : culot de fond de four dans la moitié sud de la fosse de travail.



Photo n° 45 : grosses parois de bas fourneau extraites de la moitié sud de la fosse de travail.



Photo n° 46 : bas fourneau et son premier dispositif de drainage



Photo n° 47 : protection de la canalisation et tracé du fossé d'installation de celle-ci ; au premier plan *imbrex* apparaissant dans la coupe.



Photo n° 48: prolongation de la canalisation de drainage vers l'ouest ; l'*imbrex* manquante a été prélevée dans la tranchée réalisée en 1999.



Photo n° 49 : drainage surmontant le radier ou espace lacunaire résultant de l'entraînement de particules fines par ce dernier.



Photo n° 50 : témoin d'un drain en matière périssable aboutissant dans la fosse Fr1, vu du nord.

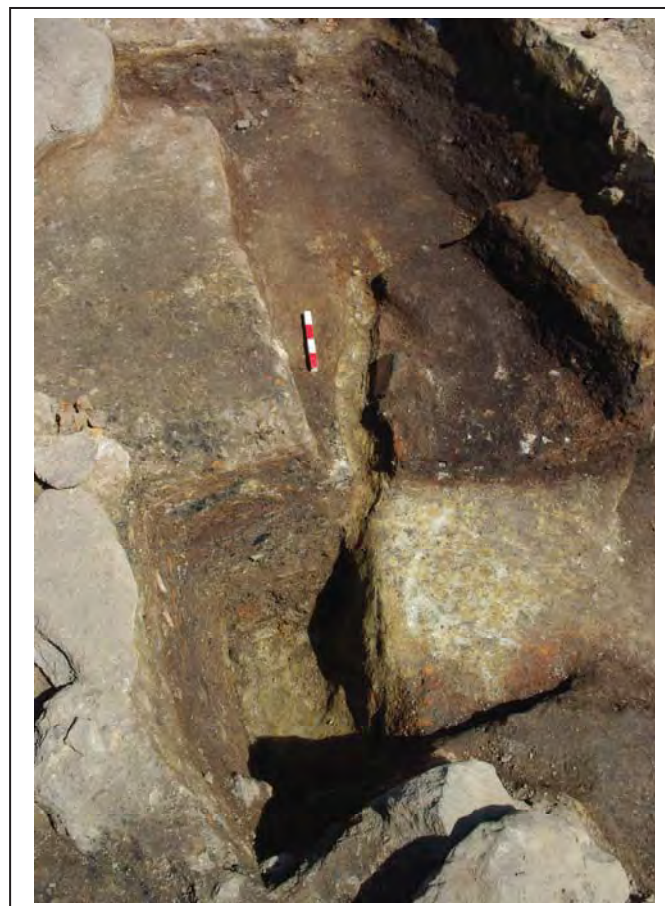


Photo n° 51 : témoin de drain sous-jacent aboutissant dans la même fosse, vu de l'ouest.

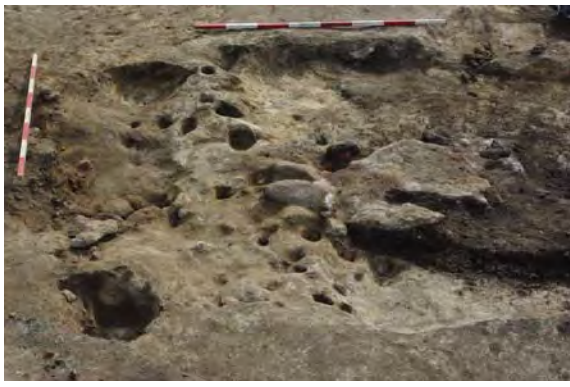


Photo n°52 : petit talus nord fermant la zone excavée au nord



Photo n° 53 : couche sombre recouvrant la moitié nord du bâtiment ; premier niveau de fouille, vu de l'ouest.



Photo n° 54 : 2^{ème} niveau de fouille de l'aire de travail, vu du sud.



Photo n° 55 : 3^{ème} niveau de fouille de l'aire de travail, vu de l'ouest.



Photo n° 56 : niveau de fouille final, vu du sud ; excavation A au premier plan.



Photo n° 57 : niveau de fouille final de la moitié nord du bâtiment, vu du nord ; bas fourneau à l'arrière plan.



Photo n°58 : Excavation A ; foyers de travail métallurgique STR 1341 au 1^{er} plan et STR 1342 au centre ; STR 1343, calage TP 1361, et seuil d'entrée du bâtiment au fond.



Photo n°59 : Excavation A ; foyer de travail métallurgique et fosse de travail STR 1333.



Photo n°60 : Excavation B, foyers STR 1348 (au gauche), 1344 (à droite) et 1317 (au fond à gauche)



Photo n°61 : Excavation B, niveaux supérieurs



Photo n° 62 : Foyer STR 1317



Photo n° 63 : Fosse 1350, effet de paroi corréé au talus 1372 fermant la partie excavée de l'atelier au nord, et extension de celle-ci à l'extérieur.

Photo n° 64 : Foyer 1334





Photo n°65 et 66 : Aire 1374, zone excavée à trous de piquet



Photo n°67 : Zone fossoyée STR 1222.



Photo n°68 : Structure de pierres STR 1218



Photo n°69 : Ferrier au 1^{er} plan et secteur décapé au sud-ouest du bâtiment.



Photo n° 70 : Fosse 1401, pesons et meule en grès.



Photos n° 71 et 72 : Fosse 1401, coupe stratigraphique incluant tegulae et bloc-tuyère, et dégagement final.



Photo n° 73 : Fosse 1402 en cours de fouille.



Photo n° 74 : Fosse 1402, en fin de fouille



Photo n° 75 : Plaque foyère et calage 1416 près de F1401



Photo n° 76 : Secteur sud-est de S1, ferrier US1207, fossé F1500, lignes S1201 et S1202.



Photo n° 83 : scorie riche en métal Sc137; aire de travail fossoyée de la moitié nord du bâtiment.



Photo n° 84 : scorie Sc137; phases de fer métal dispersées dans la matrice, vues en coupe.



Photo n° 85 : scorie contenant du fer métal Sc138 ; aire de travail fossoyée de la moitié nord du bâtiment.



Photo n° 86 : scorie Sc138 ; fer métal en réseau, vu en coupe.



Photo n° 87 : concrétions ferrugineuses de l'aire de travail fossoyée de la moitié nord du bâtiment.



Photo n° 88 : concrétion ferrugineuse de l'aire de travail fossoyée de la moitié nord du bâtiment.



Photo n° 89 : scorie à pellicule d'oxydes ; vue en coupe de la matrice fayalitique ; moitié nord du bâtiment.



Photo n° 90 : concrétion ferrugineuse de l'aire de travail fossoyée ; moitié nord du bâtiment.



Photo n° 91 : concrétion ferrugineuse de l'aire ; moitié nord du bâtiment.



Photo n° 92 : concrétion ferrugineuse de l'aire de travail fossoyée ; moitié nord du bâtiment.



Photo n° 93 : mobilier collecté sur le site. Tegulae (à gauche), scories cylindriques (au centre), scories à croûte d'oxydes rouille de l'atelier d'épuration (à droite).



Photo n° 94 : scorie à oxydes de fer contenant du fer métal en bordure des phases fayalitiques.



Photo n° 95 : bloc riche en métal DM1 ; trouvé en prospection électromagnétique (m = 1,325 kg).



Photo n° 96 : bloc riche en métal DM1 ; fer métal massif, vu en coupe.



Photo n° 97 : bloc riche en métal DM2 ; trouvé en prospection électromagnétique (m= 190 g).



Photo n° 98 : bloc DM2 ; fer métal massif, vu en coupe.



Photo n° 99 : bloc riche en métal DM3 ; trouvé en prospection électromagnétique (m= 190 g).



Photo n° 100 : bloc DM3; réseau de fer métal, vu en coupe.



Photo n° 101 : culot Sc 39, vu du dessus.



Photo n° 102 : culot Sc 39, section fracturée.

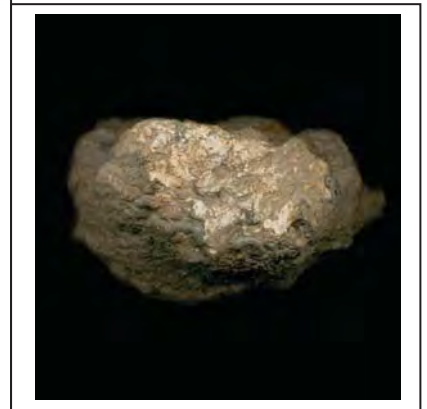


Photo n° 105 : culot Sc 40, témoin de paroi accrochée au pédoncule.

Photos n° 103 et 104 : culot Sc 40, vu de dessous et du dessus.



Photo n° 106 : culot Sc 170, vu du dessous.



Photo n° 107 : culot Sc 170, vue du dessous.



Photos n° 108 et 109 : culot Sc 171, de côté et dessus





Photo n° 110 : tuyère du bas fourneau Ty1.



Photo n° 111 : bloc-tuyère bifide TBF 12.



Photo n° 112 : bloc-tuyère bifide TBF 12.



Photo n° 113 : bloc-tuyère bifide TBF 12.

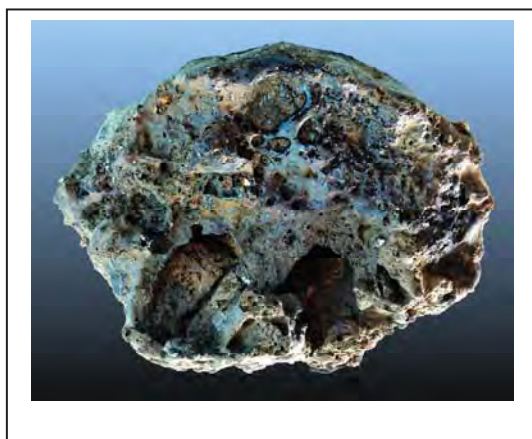


Photo n° 114 : bloc-tuyère bifide TBF 67.



Photo n° 115 : bloc-tuyère bifide TBF 67.



Photo n° 116 : bloc-tuyère bifide TBF 1.



Photo n° 117 : bloc-tuyère bifide TBF 1.



Photo n° 118 : bloc-tuyère bifide TBF 16.



Photo n° 119 : bloc-tuyère bifide TBF 16.

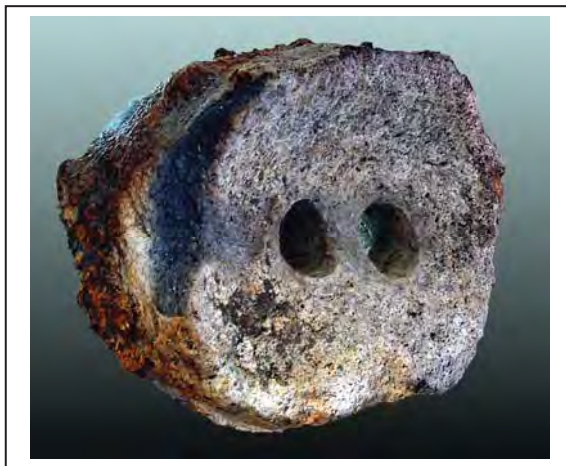


Photo n° 120 : bloc-tuyère bifide TBF 62.



Photo n° 121 : bloc-tuyère bifide TBF 62.



Photo n° 122 : bloc-tuyère bifide TBF 3.



Photo n° 123 : bloc-tuyère bifide TBF 3.



Photo n° 124 : bloc-tuyère bifide TBF 3.



Photo n° 125 : bloc-tuyère bifide TBF 3.



Photo n ° 126 : pesons PS1 et PS3 issus de la fosse F1401



Photo n ° 127 : peson PS1, vu de face et de côté ; détail de l'orifice.

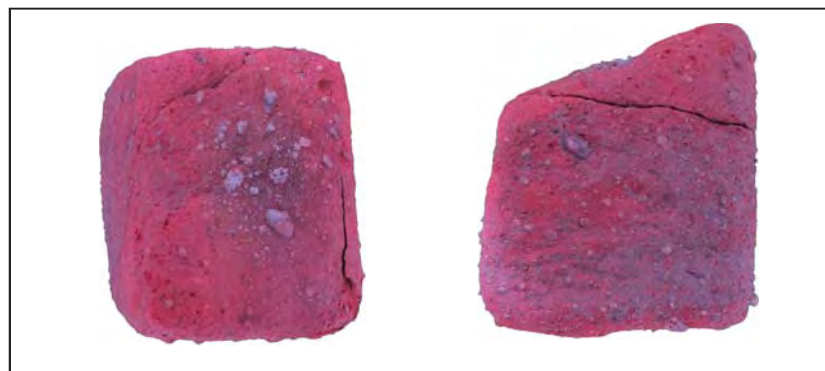


Photo n ° 128 : peson PS4, vu de dessus et de côté.



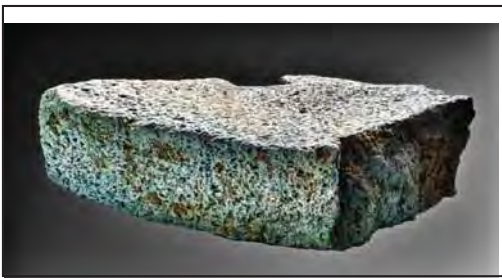
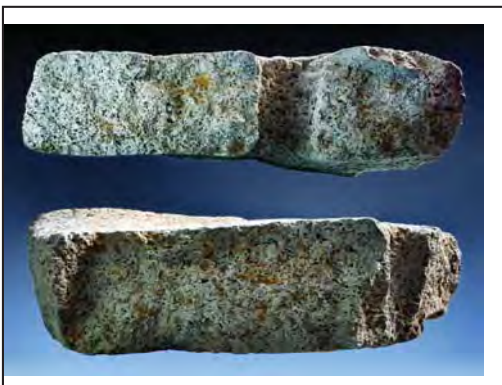
Photo n° 129 : peson PS2 ; vu de face, de profil, du dessus et détail de l'orifice.



Photo n° 130 : peson PS3 ; vu de face, de profil, du dessus et détail de l'orifice.



Photos n° 131, 132, 133 et 134 : fragment de meule L3 en grès rose issu de la fosse de travail du bas fourneau.



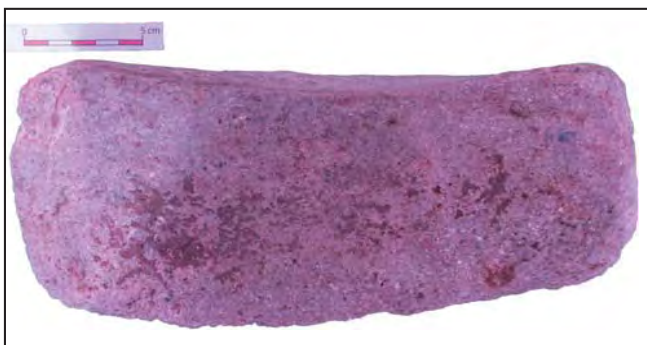
Photos n° 135, 136 et 137: fragment de meule L4 en roche volcanique issu de la fosse F 1401.

Photos n° 138: fragment de meule L6 en roche volcanique issu de l'excavation B de l'aire de travail d'épuration.





Photos n° 139, 140, 141 et 142 : fragment de meule L5, en grès rose, dans la zone de passage externe entre les deux aires du bâtiment. Au premier plan, calage de poteau TP 1312 ; au fond, zone linéaire d'accumulation de matériaux.



Photos n° 143 et 144: fragment de meule L10, en grès rose ; face latérale et surface abrasive, avec imprégnations de minerai 'grillé'.



Photos n° 145 et 146: fragment de dolérite ayant probablement servi de table de broyage et/ou d'enclume.



Photo n° 147 : perles à l'aspect d'opaline et vitrifications noires associables aux scories.

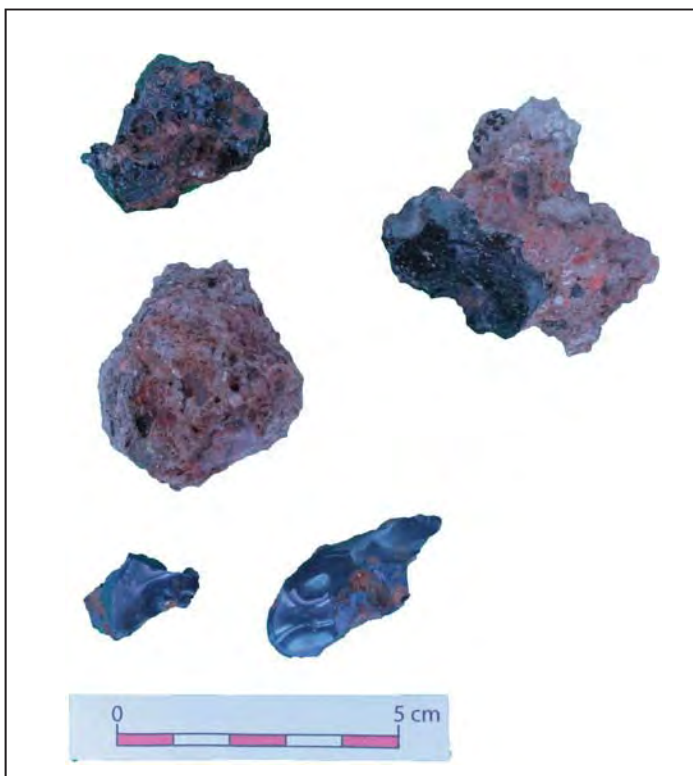
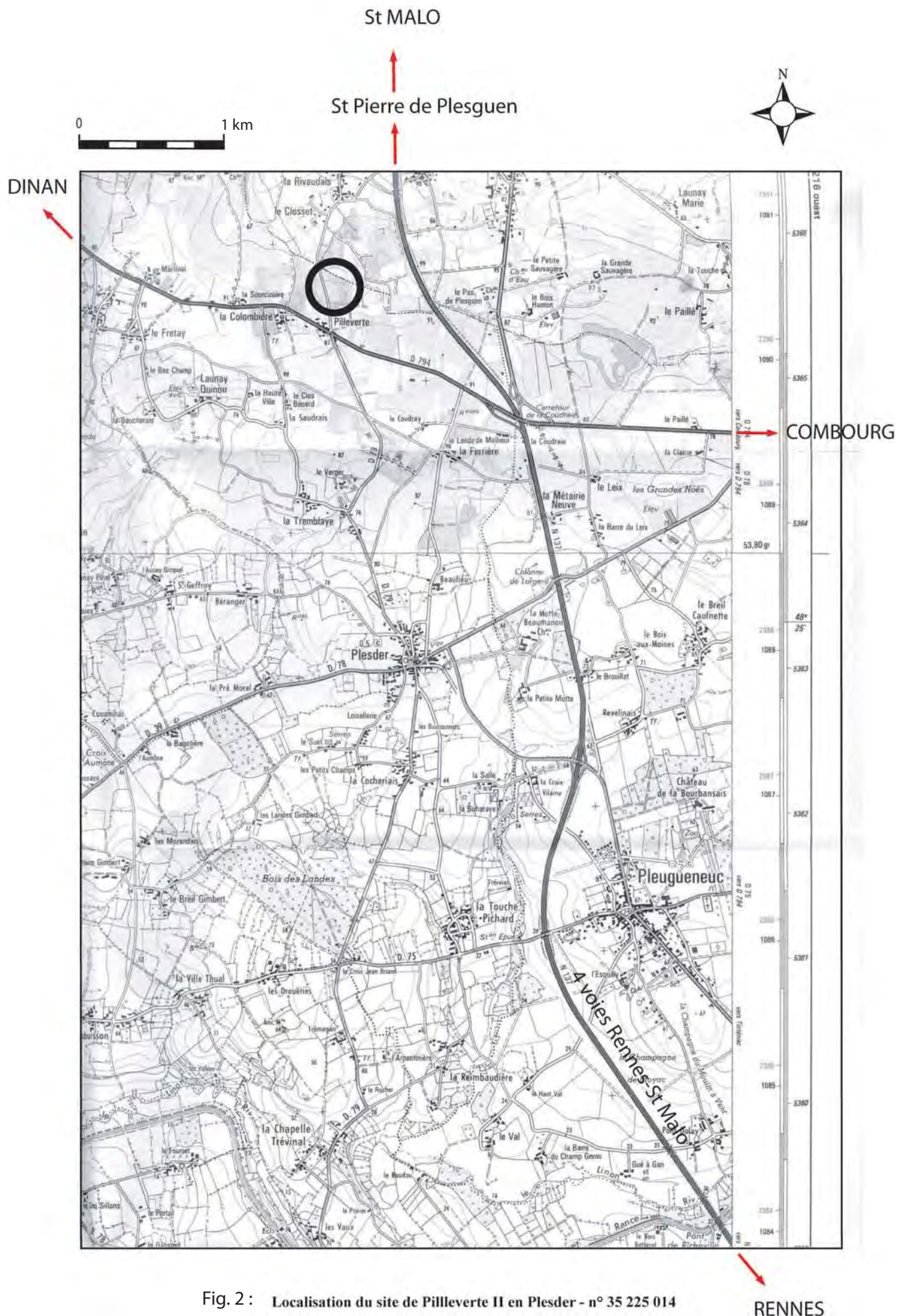


Photo n° 148 : tegula présentant des empreintes particulières.





Fig. 1 : localisation du site de Pilleverte à PLEDER (35)



Département :
ILLE ET VILAINE

Commune :
PLESDER

Section : ZA
Feuille : 000 ZA 01

Échelle d'origine : 1/2000
Échelle d'édition : 1/5000

Date d'édition : 22/12/2011
(fuseau horaire de Paris)

Coordonnées en projection : RGF93CC48
©2011 Ministère du budget, des comptes
publics, de la fonction publique et de la
réforme de l'Etat

DIRECTION GÉNÉRALE DES FINANCES PUBLIQUES

PLAN DE SITUATION

Le plan visualisé sur cet extrait est géré
par le centre des impôts foncier suivant :
SAINT-MALO
1 rue Henri Lemarié 35400
35400 SAINT-MALO
tél. 02.99.40.61.41 -fax 02.99.20.80.77
cdif.saint-malo@dgfip.finances.gouv.fr

Cet extrait de plan vous est délivré par :

cadastre.gouv.fr

fig.2



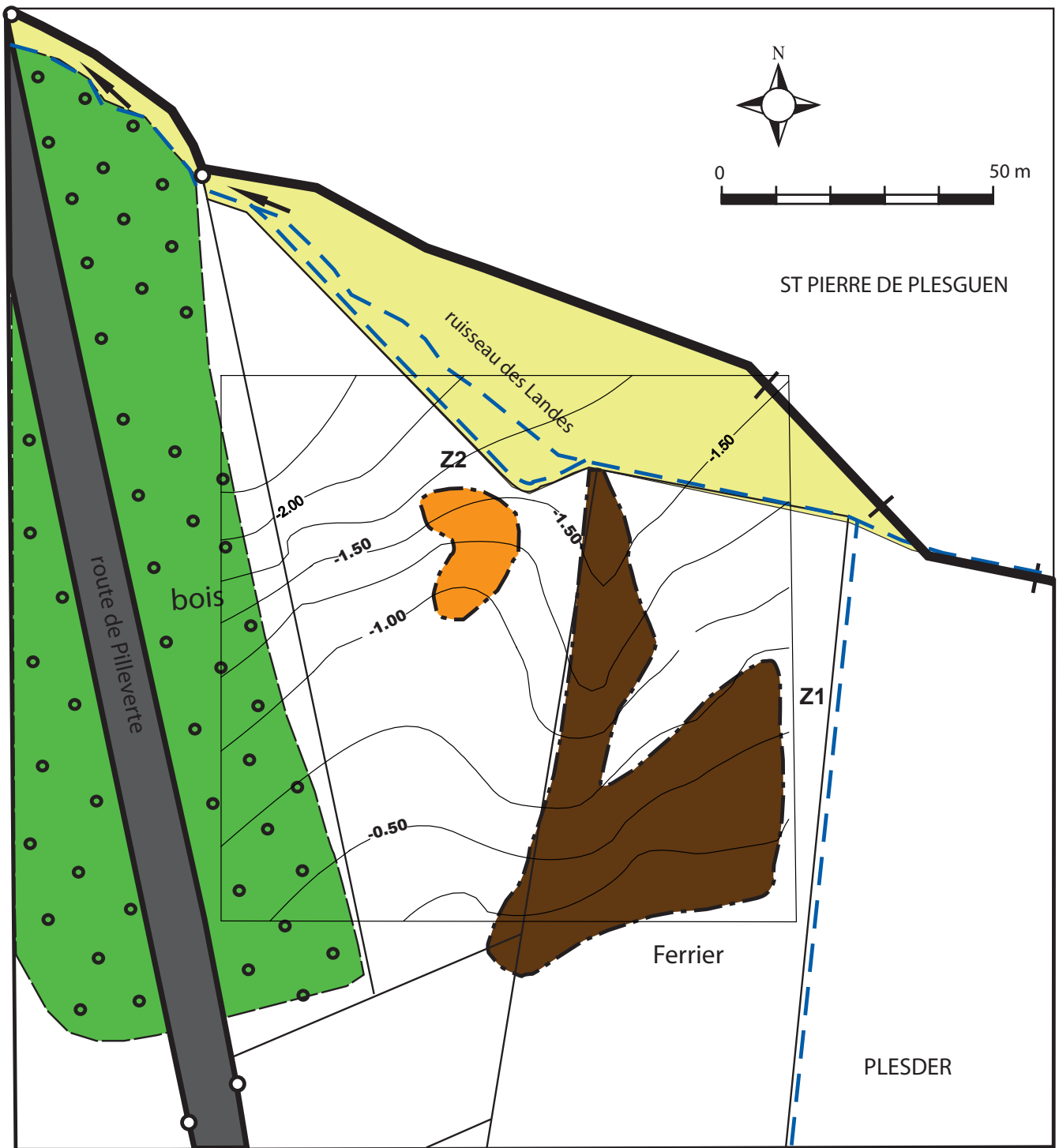


Fig. 4 : localisation de la zone à scories Z1 et de la zone à tegulae et autres matériaux de construction Z2, dans la parcelle. Courbes de niveau de la zone explorée.

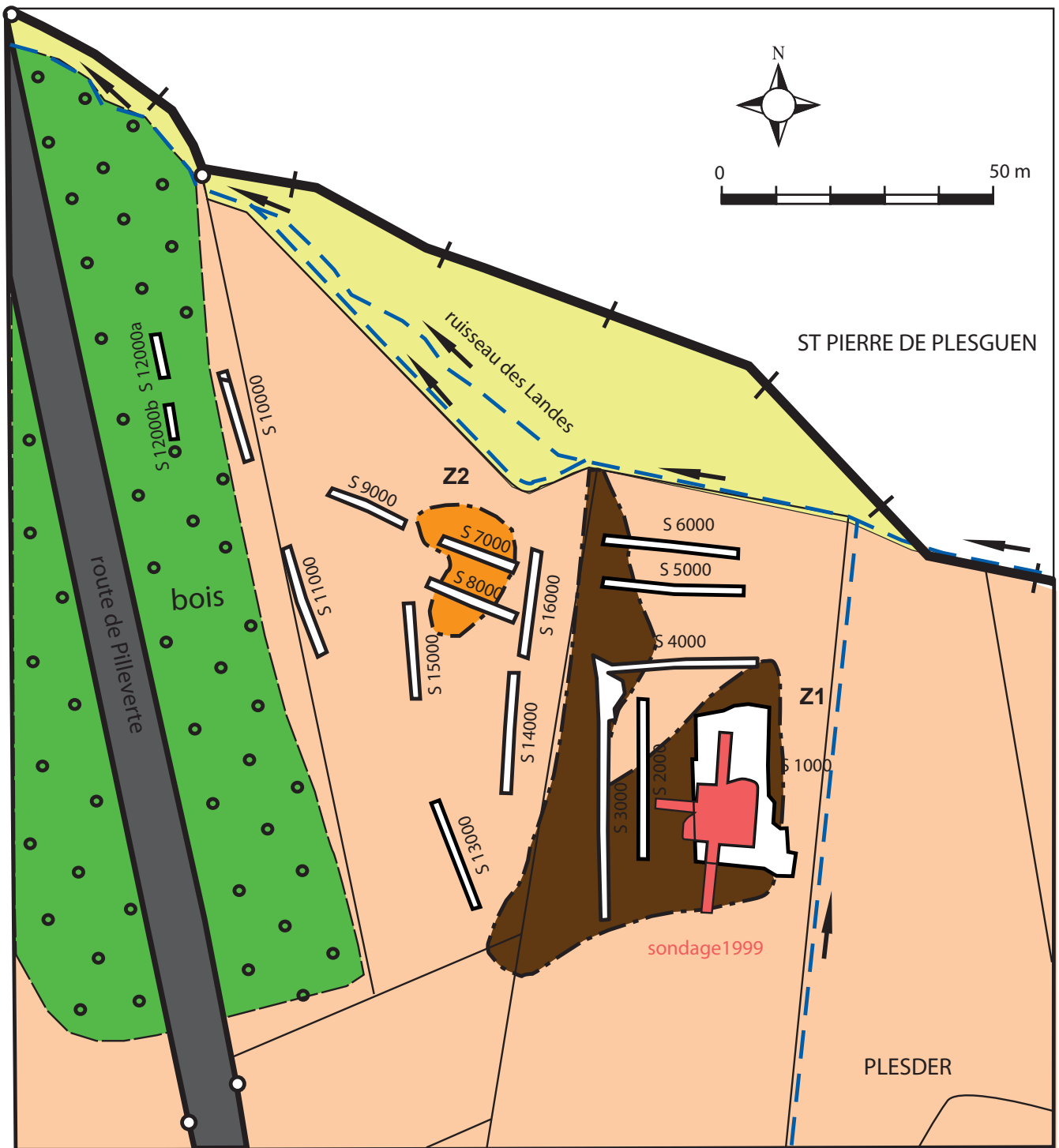


Fig. 5 : implantation des sondages 2011 et du sondage 1999 - ancien parcellaire.

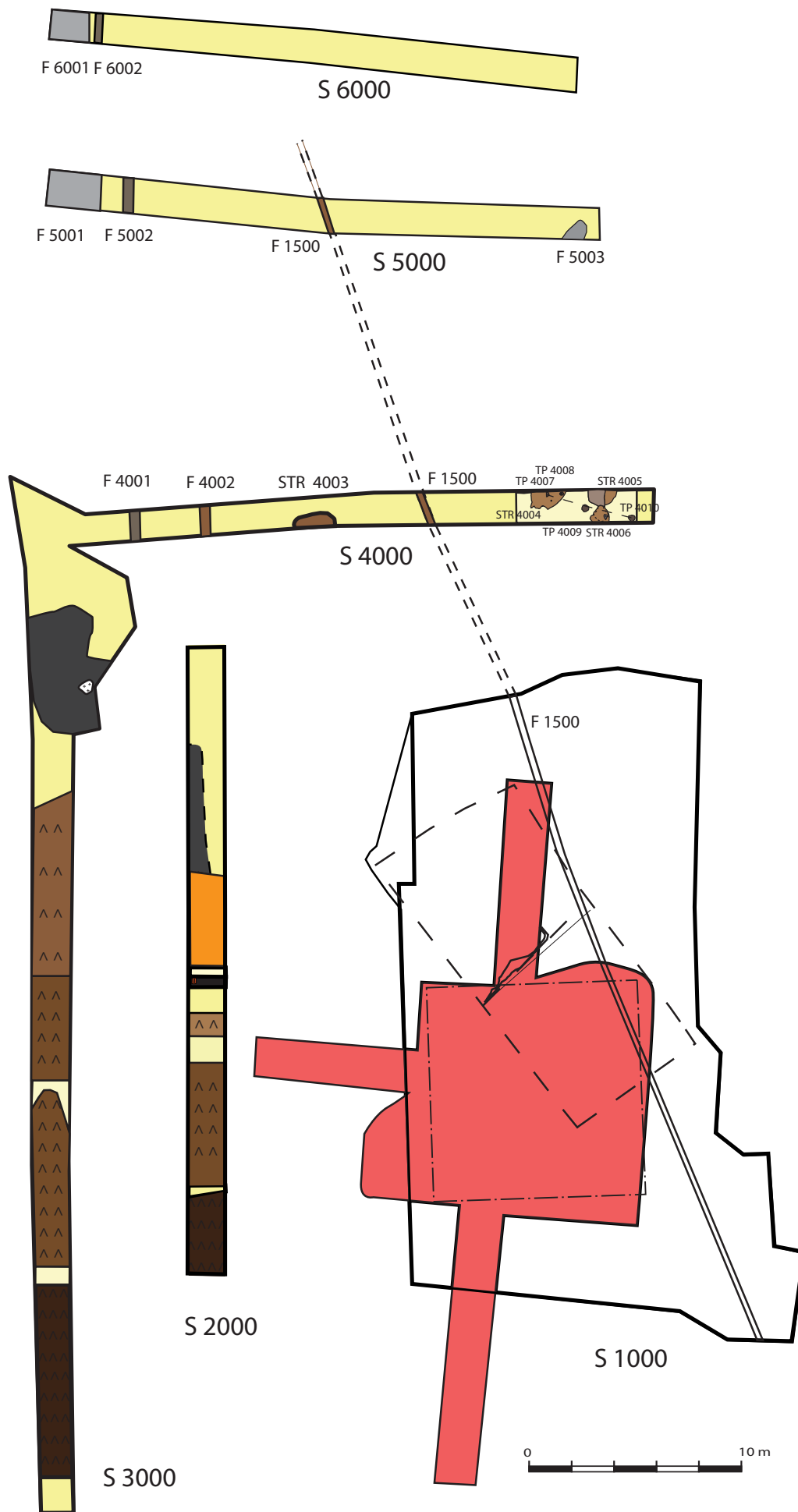


Fig. 6 : sondages S2000, S3000, S 4000, S 5000 et S 6000 autour de S 1000.

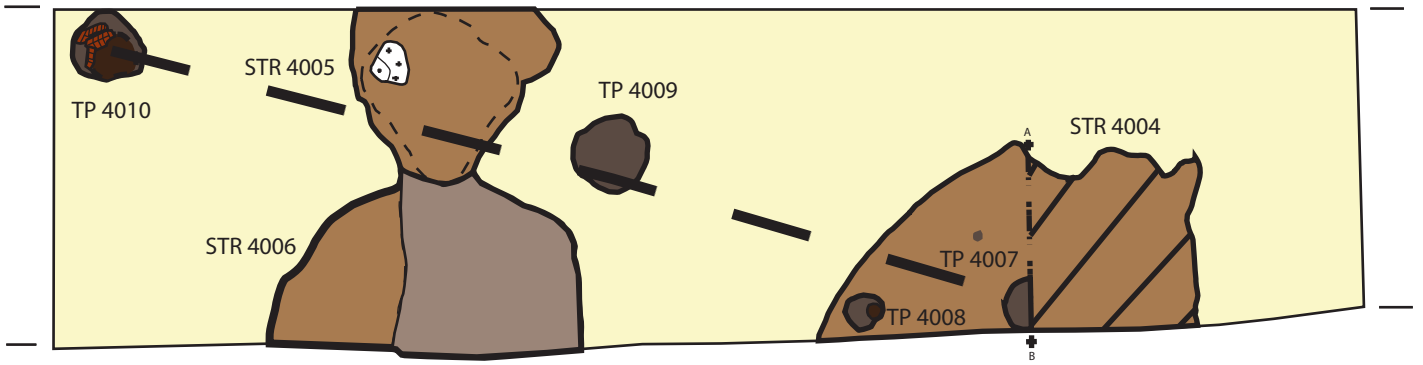
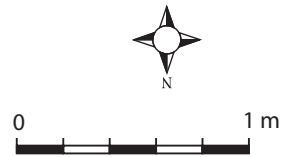


Fig. 7 : sondage S 4000, extrémité est.

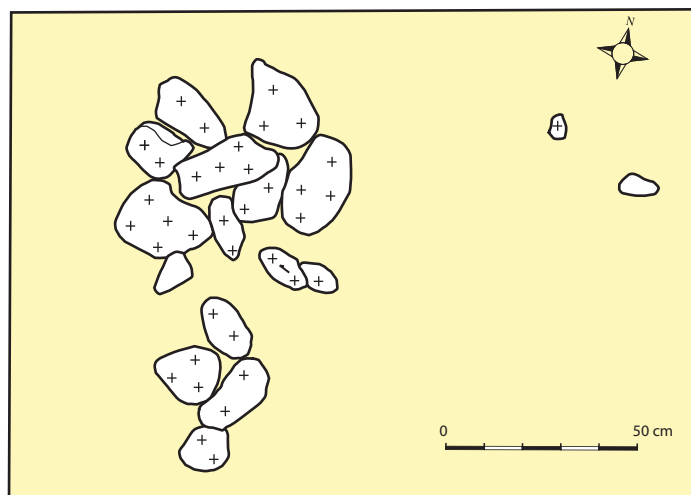


Fig. 8 : structure pierreuse STR 1218 sous les couches d'activité métallurgique.

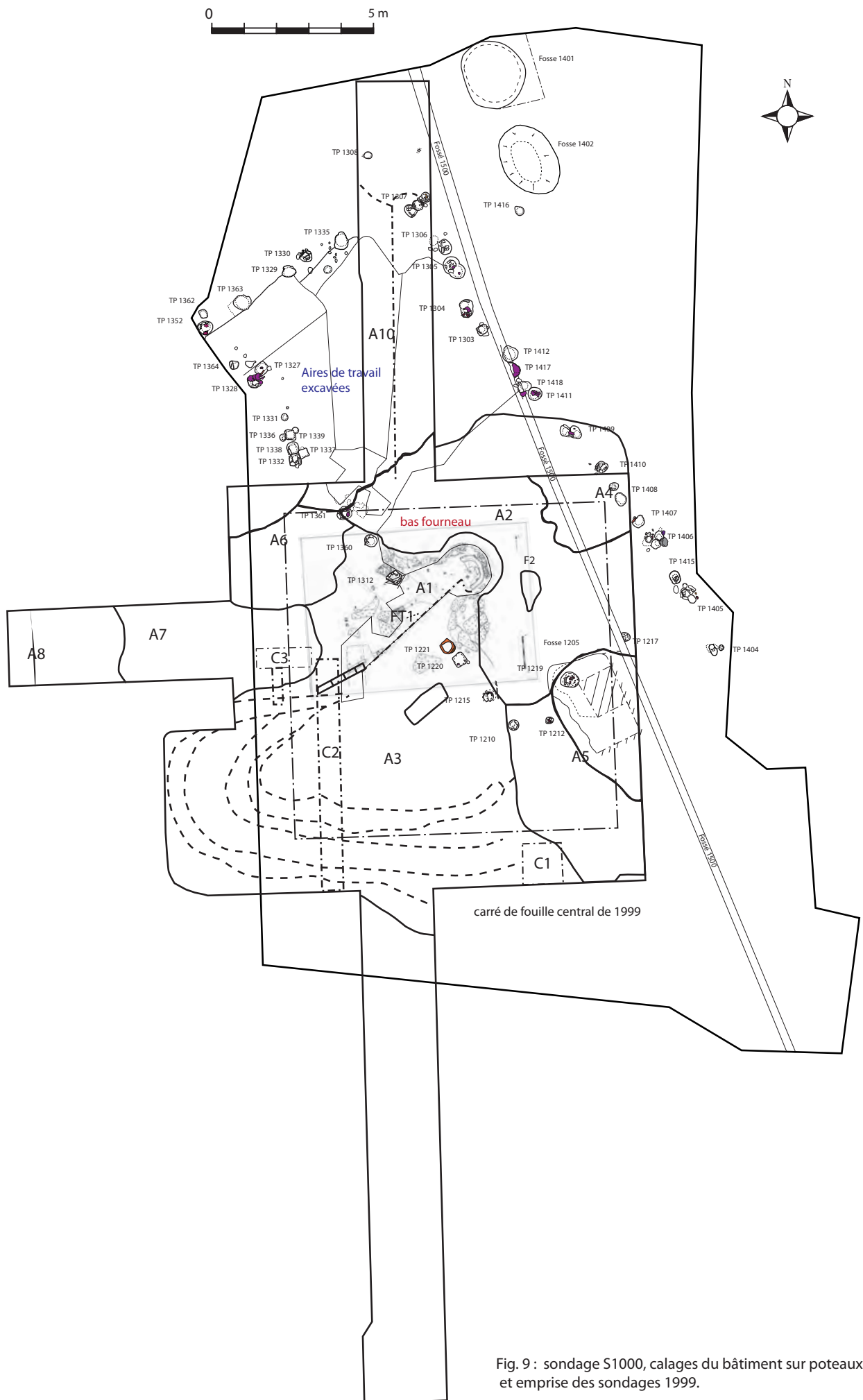


Fig. 9 : sondage S1000, calages du bâtiment sur poteaux et emprise des sondages 1999.

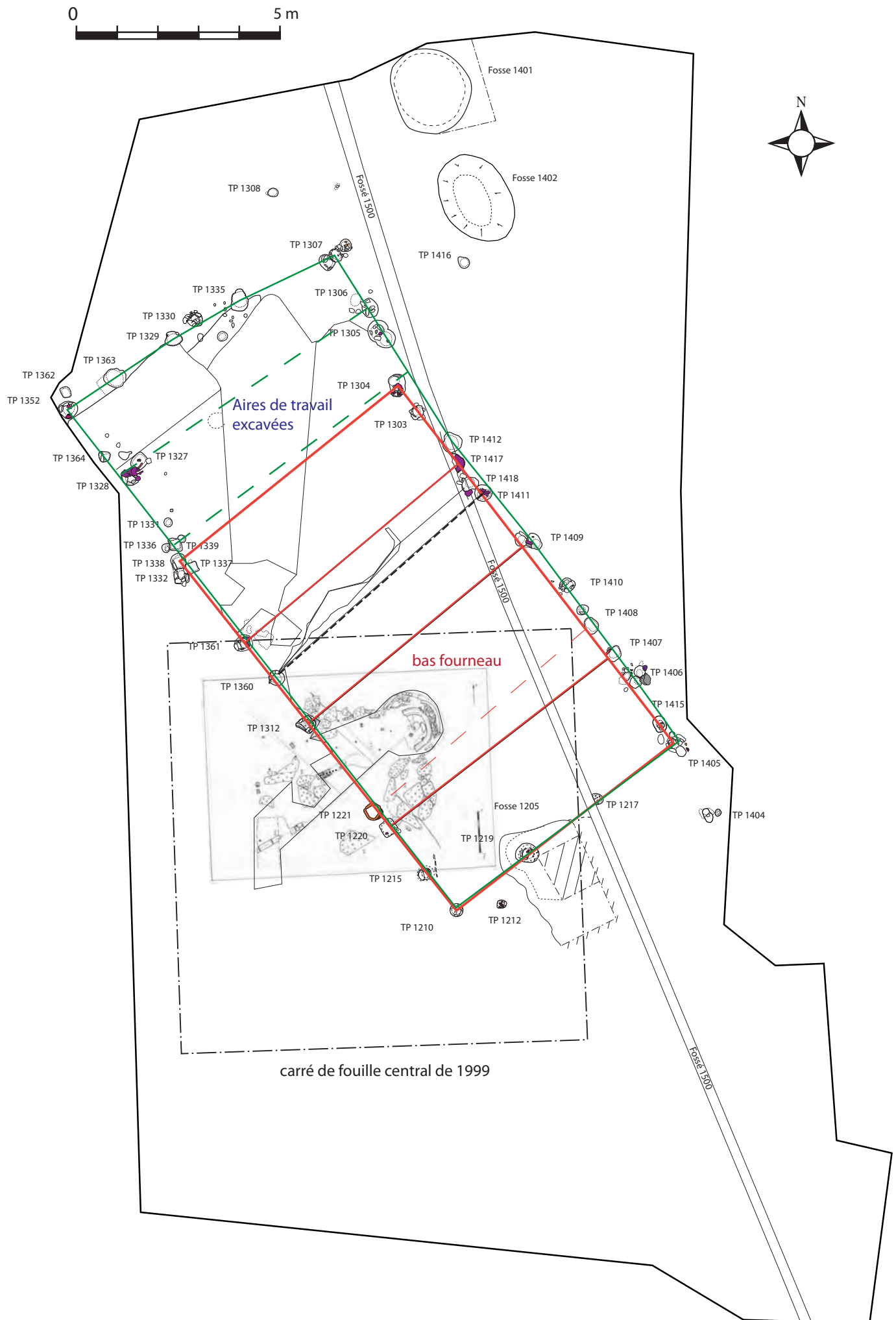


Fig. 10 : sondage S 1000, plan général du bâtiment

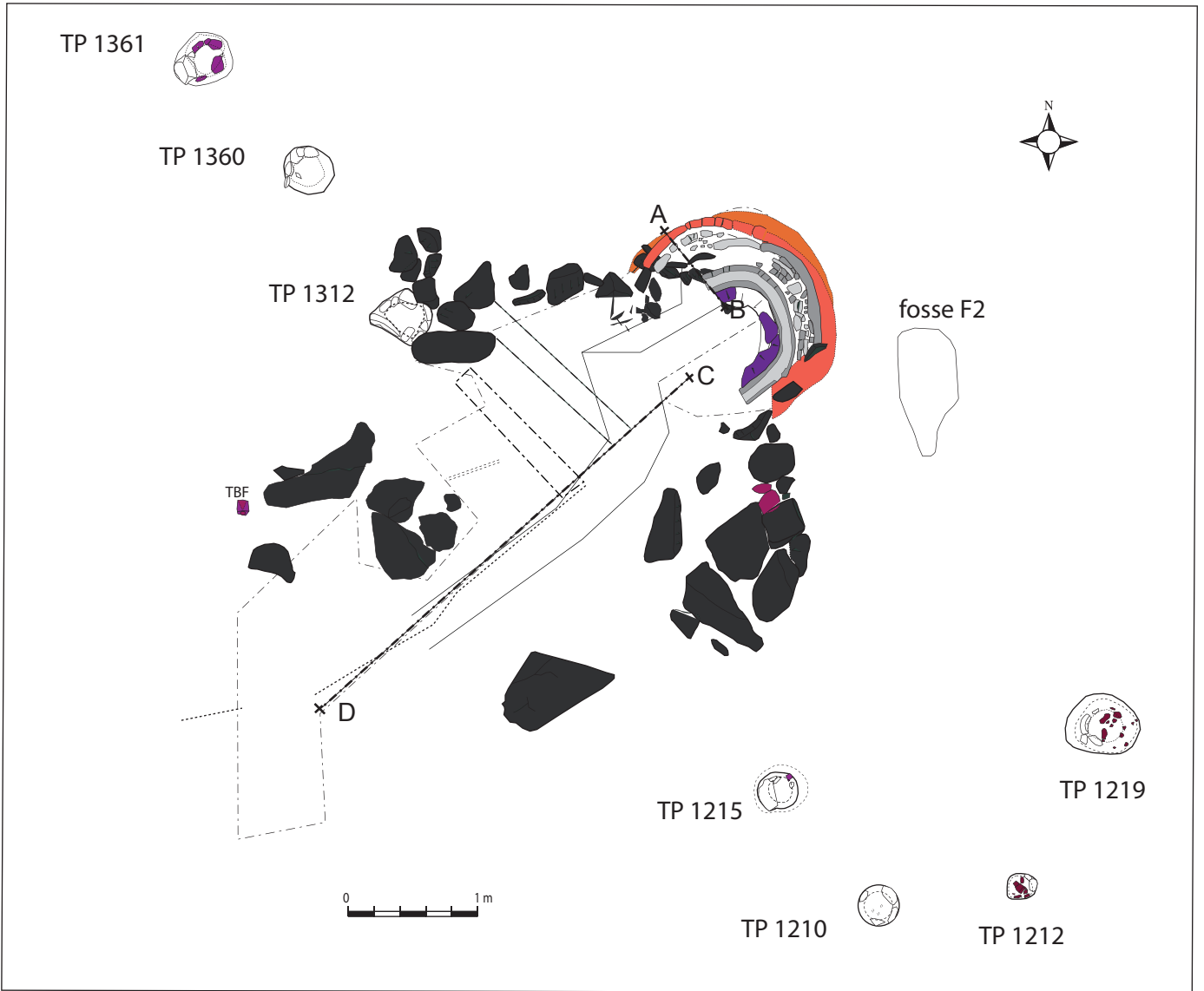


Fig. 12 : bas fourneau 1er décapage ; enrochements et fosse de travail.

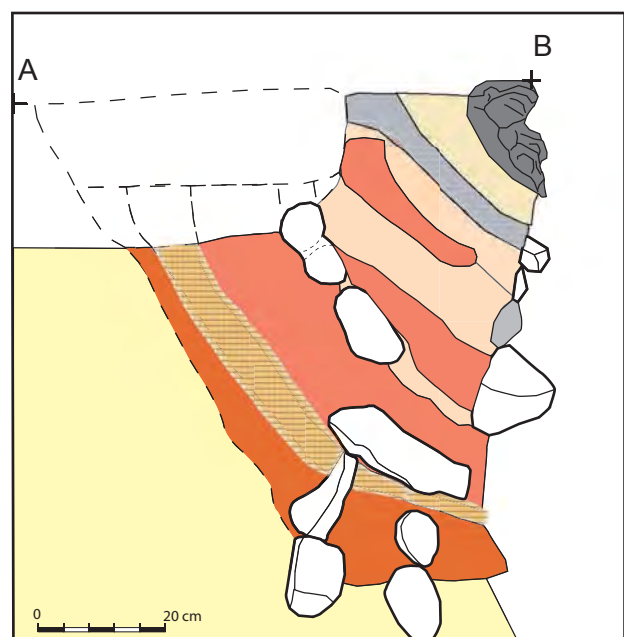


Fig. 13: coupe stratigraphique A-B du bas fourneau.

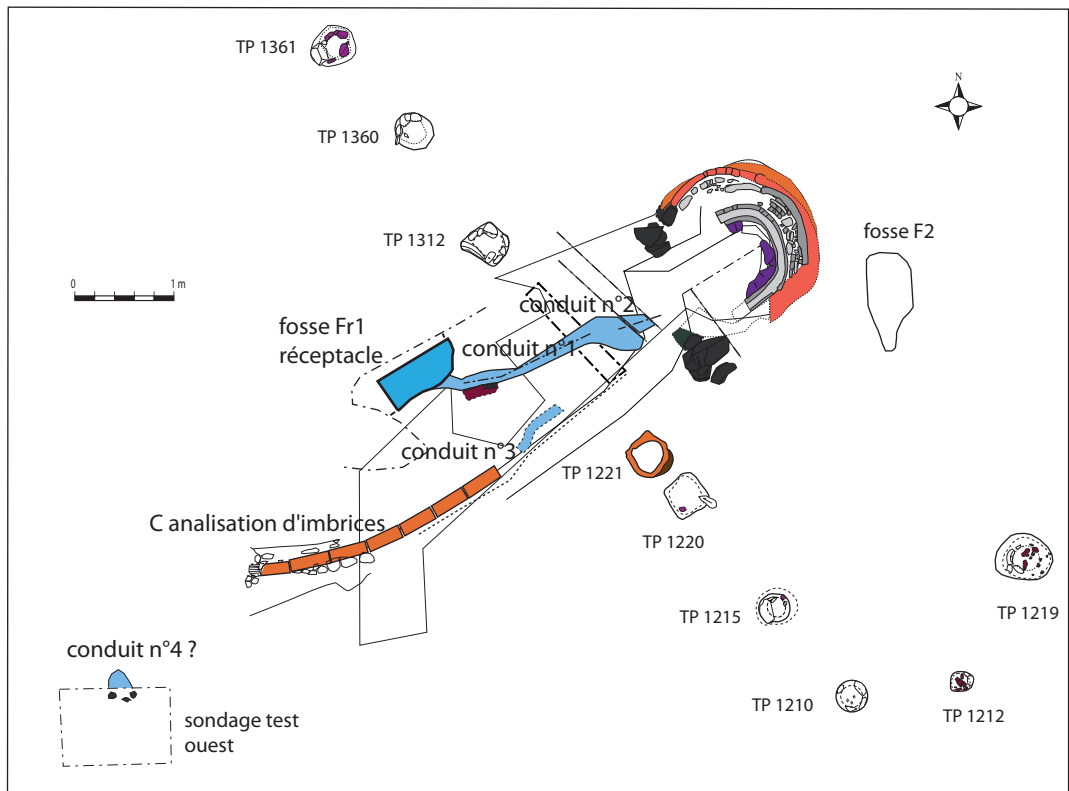


Fig. 14 a : Bas fourneau, décapage des niveaux inférieurs de la fosse de travail ; calages de poteaux et enrochements complémentaires ; dispositifs de drainage successifs.

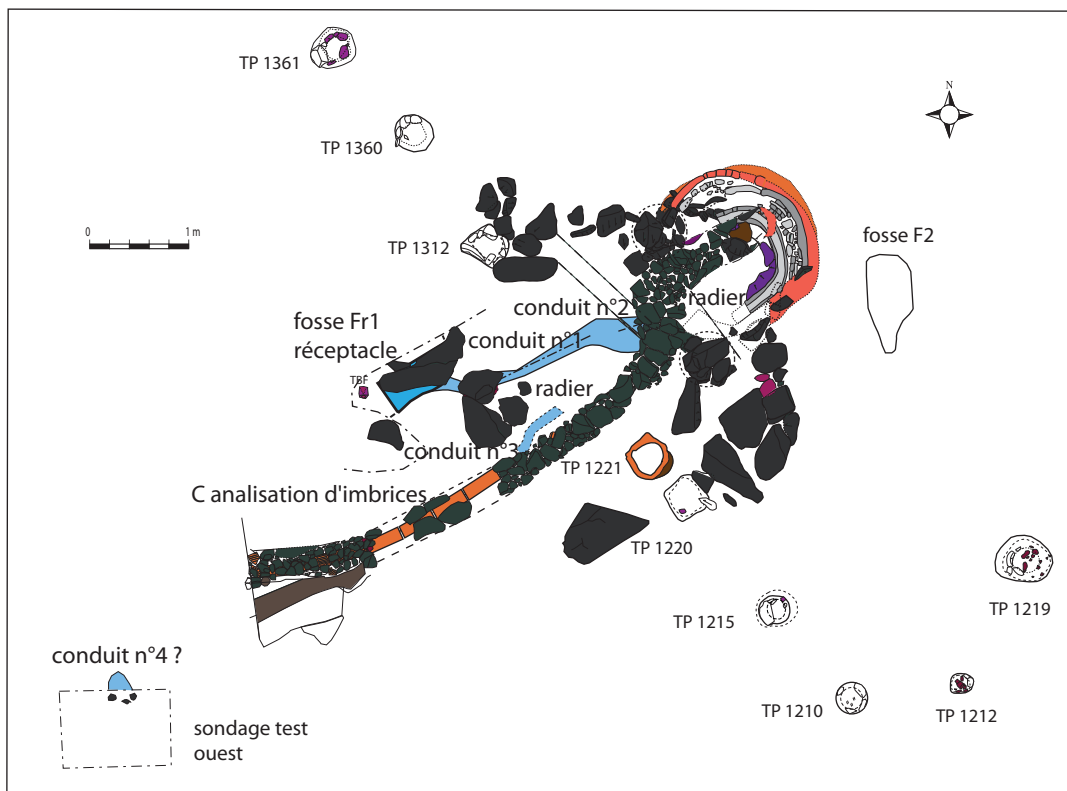


Fig. 14 b : Bas fourneau, vue générale avec tranchée au fond du four et radier.

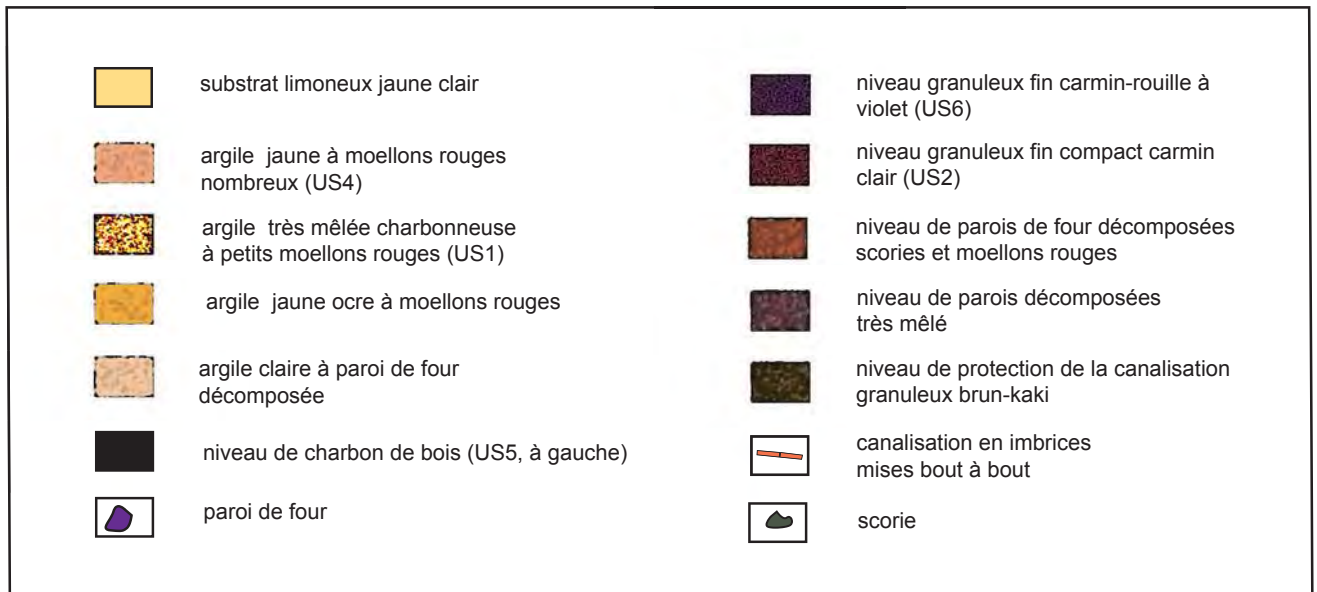
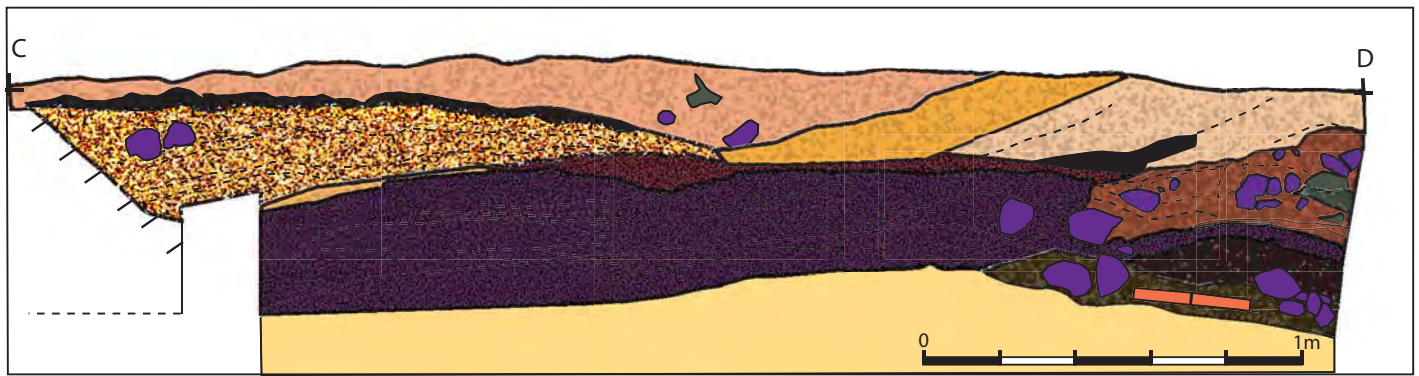


Fig. 15 a : coupe stratigraphique longitudinale de la fosse de travail en contrebas du bas fourneau.

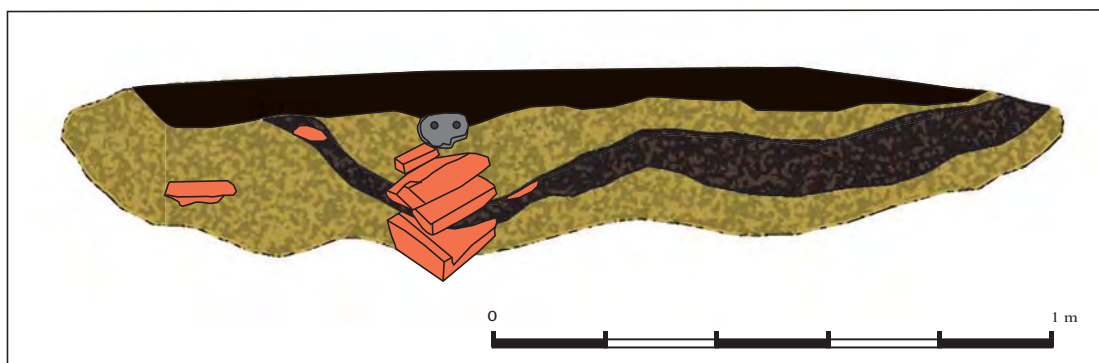


Fig. 15 b : coupe stratigraphique de la fosse F1401.

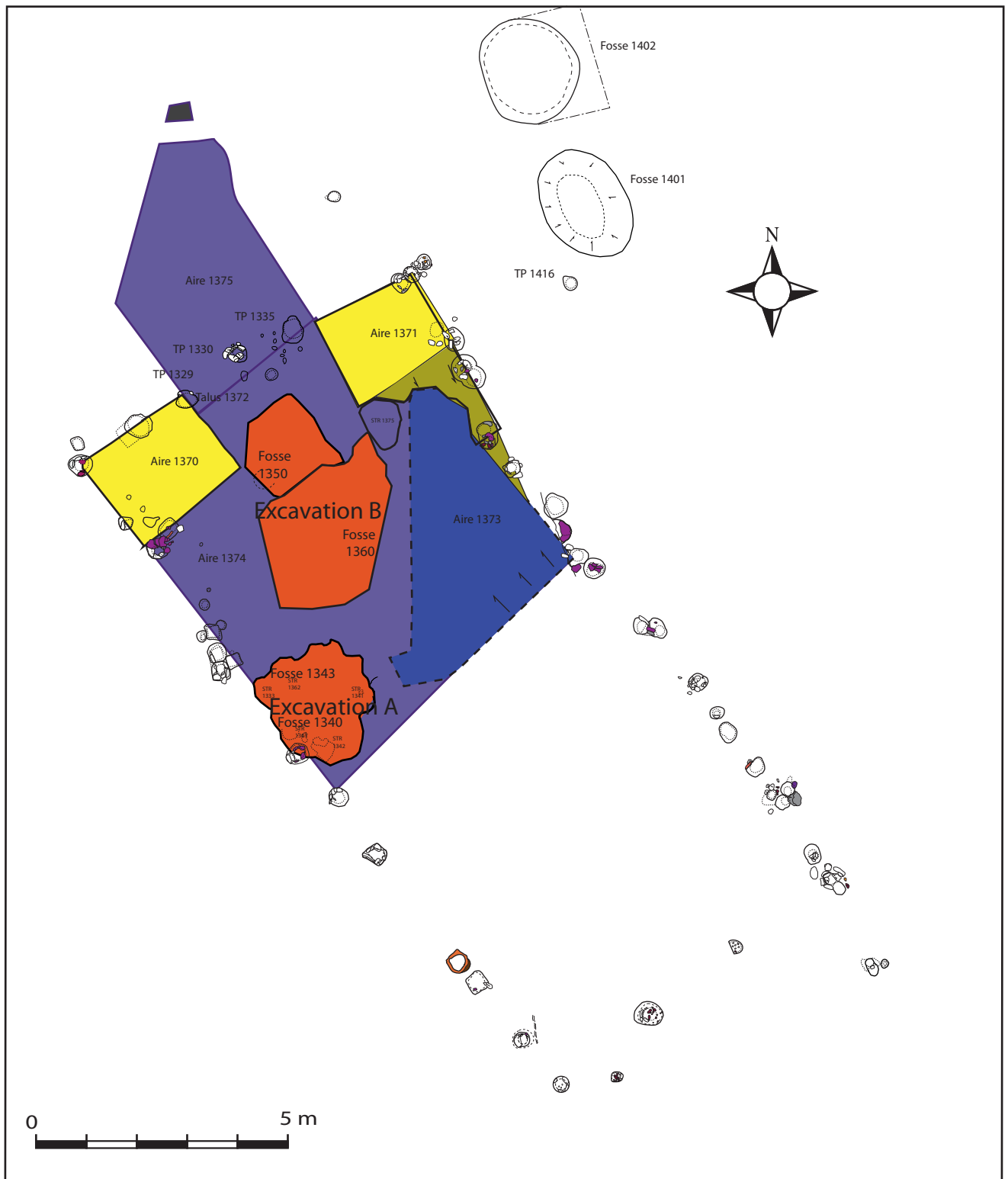


Fig. 16 : Aire de travail d'épuration dans la moitié nord du bâtiment.

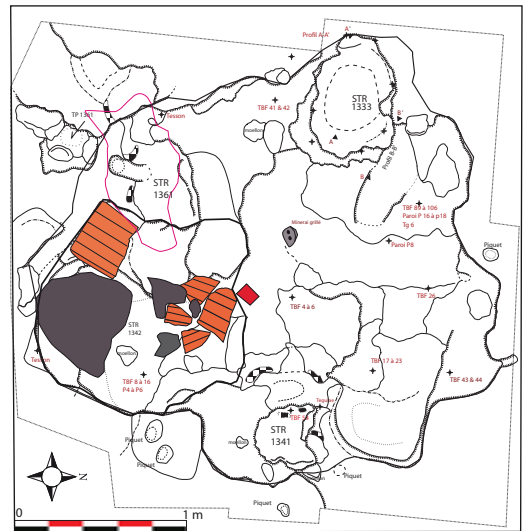
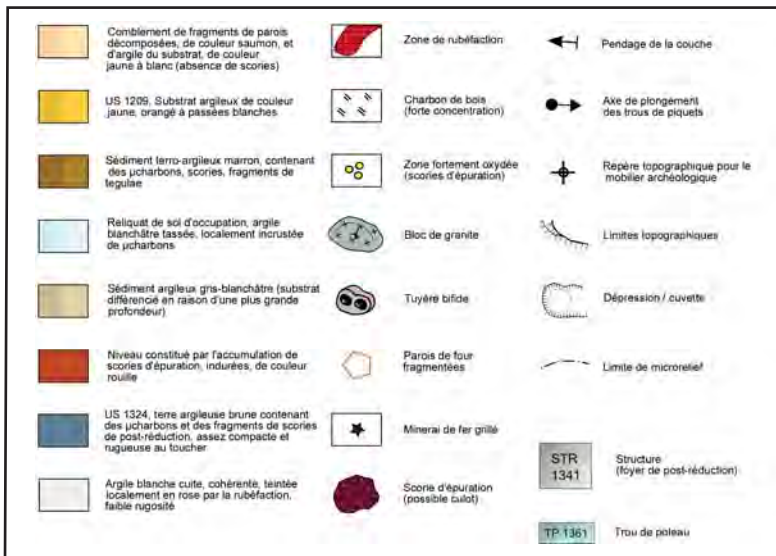
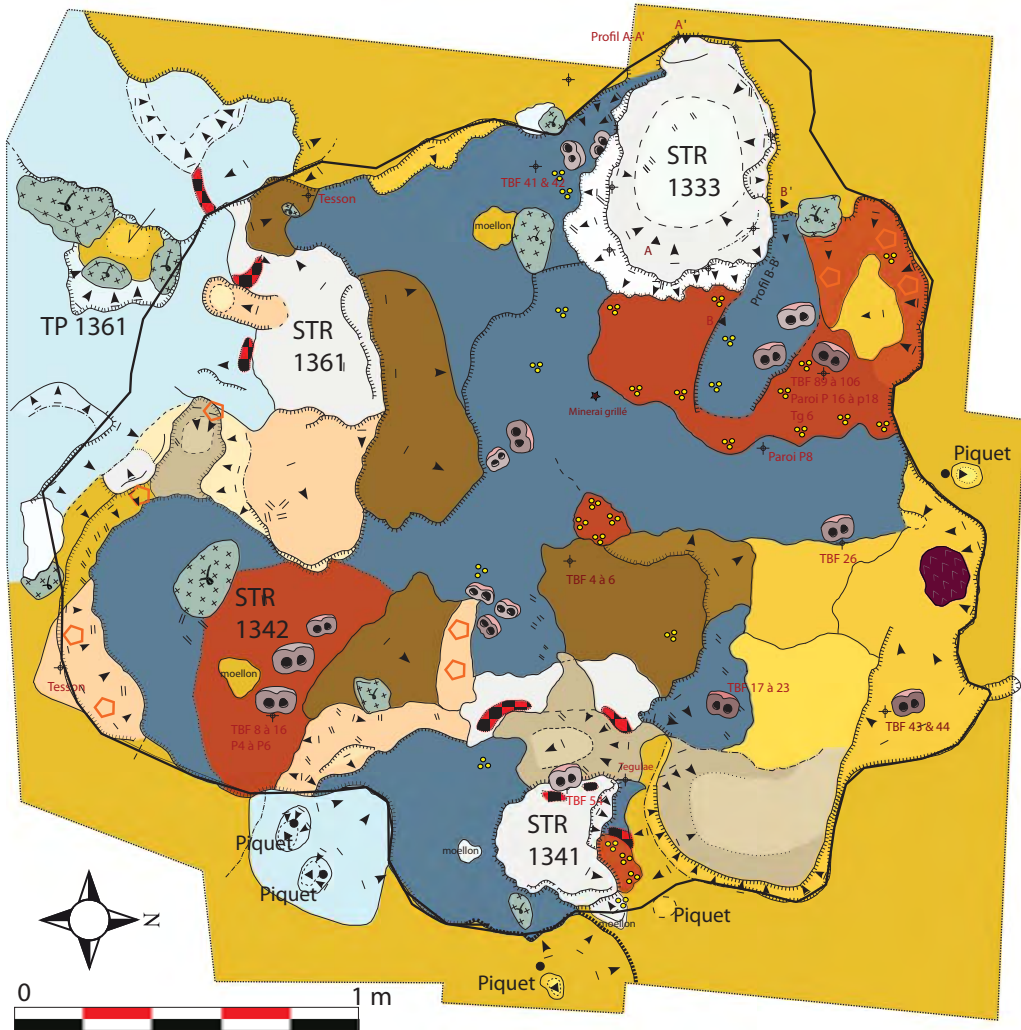


Fig. 17 : Excavation A, foyers de travail métallurgique. Figure du haut: fosses de travail ; figure en bas à gauche : niveau supérieur.

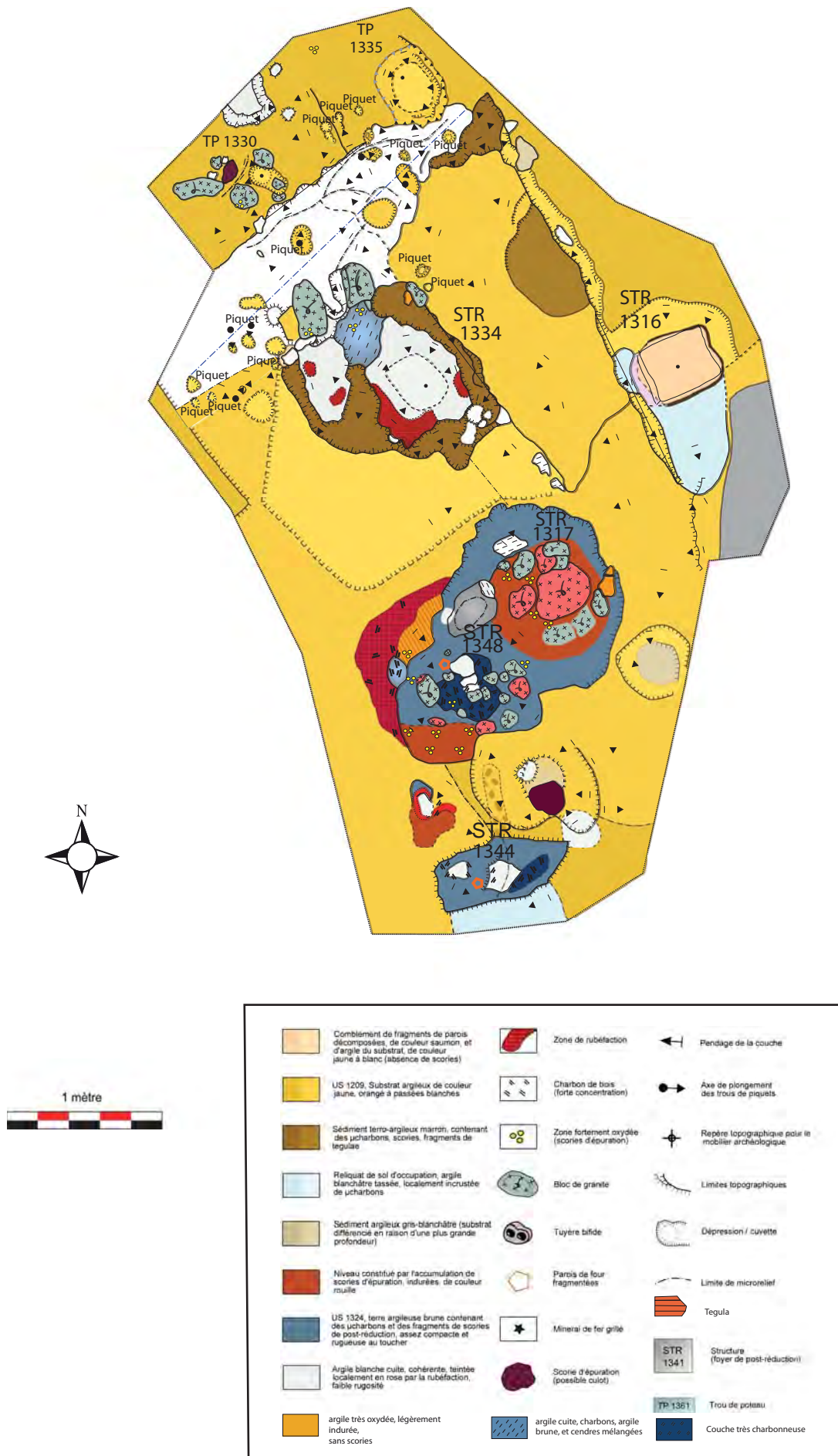


Fig. 18 : Moitié nord du bâtiment, excavation B regroupant un ensemble de foyers installés dans des zones en grande partie fossoyées.

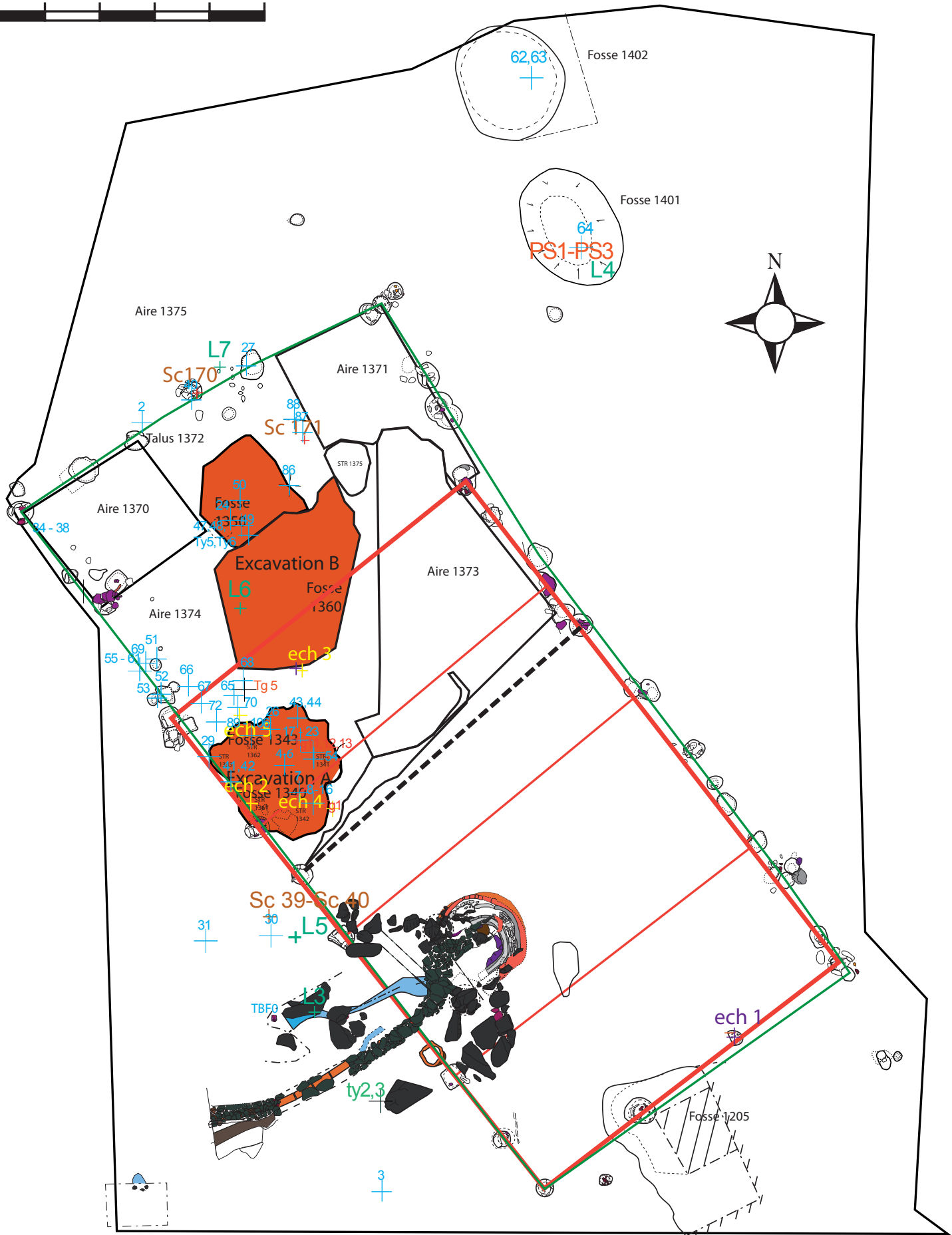


Fig. 19 : Répartition du mobilier métallurgique, culots (Sc), échantillons de sédiments (ech), bloc-tuyère bifide (en bleu), meules (L).

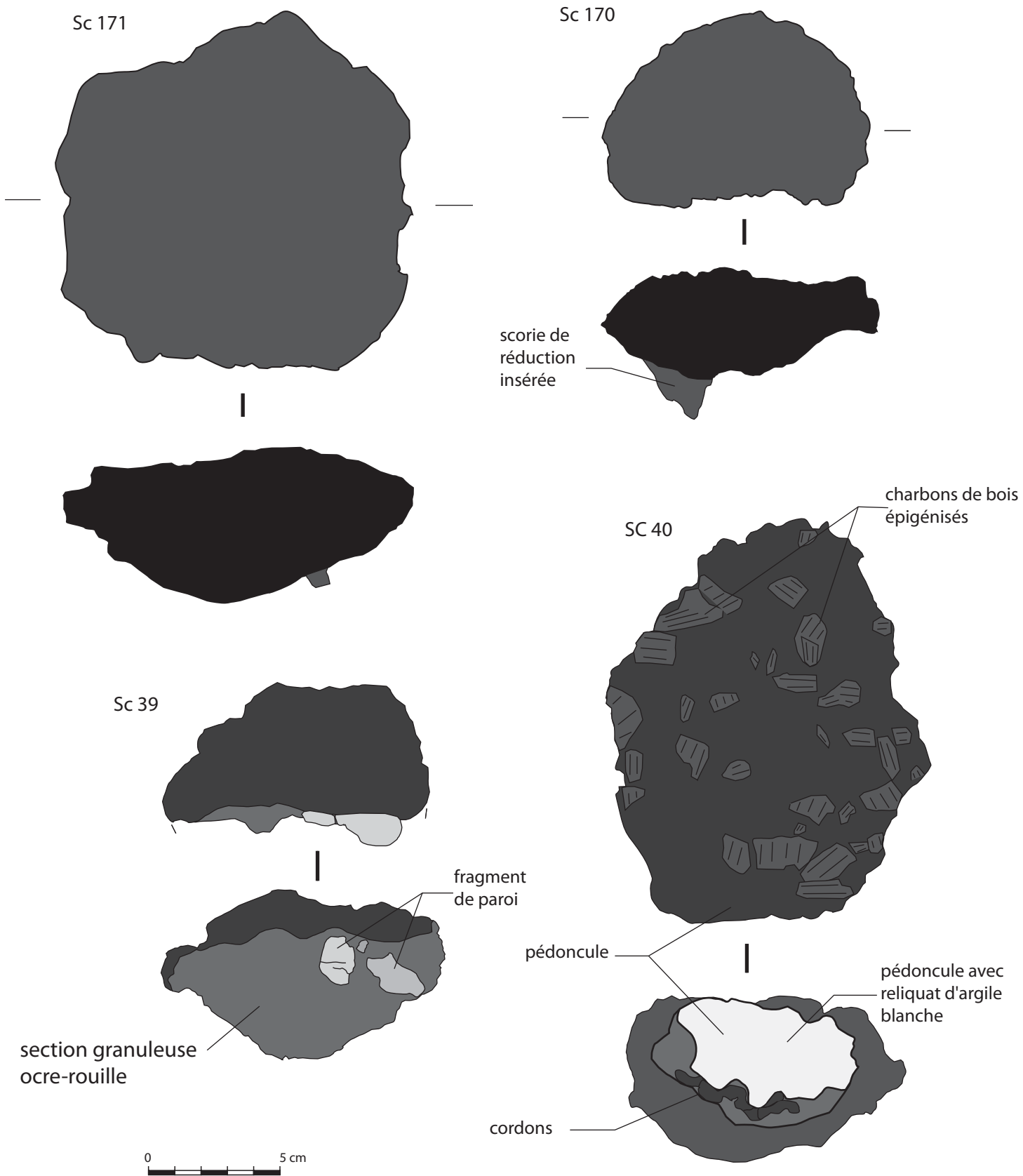


Fig. 20 : scories en culot Sc 39, 40, 170, 171 ; vues du dessus, du dessous, et sections.

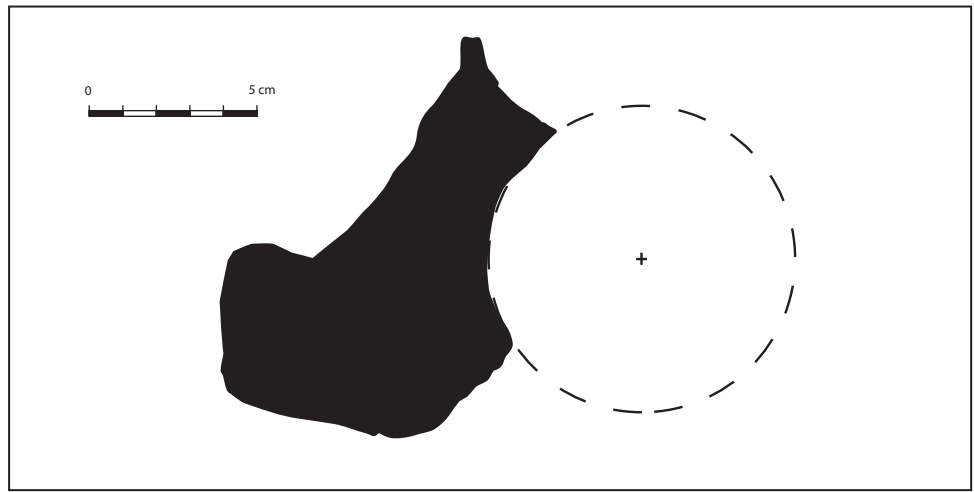


Fig. 21 : Fragment de tuyère Ty1 attribuable au bas fourneau.

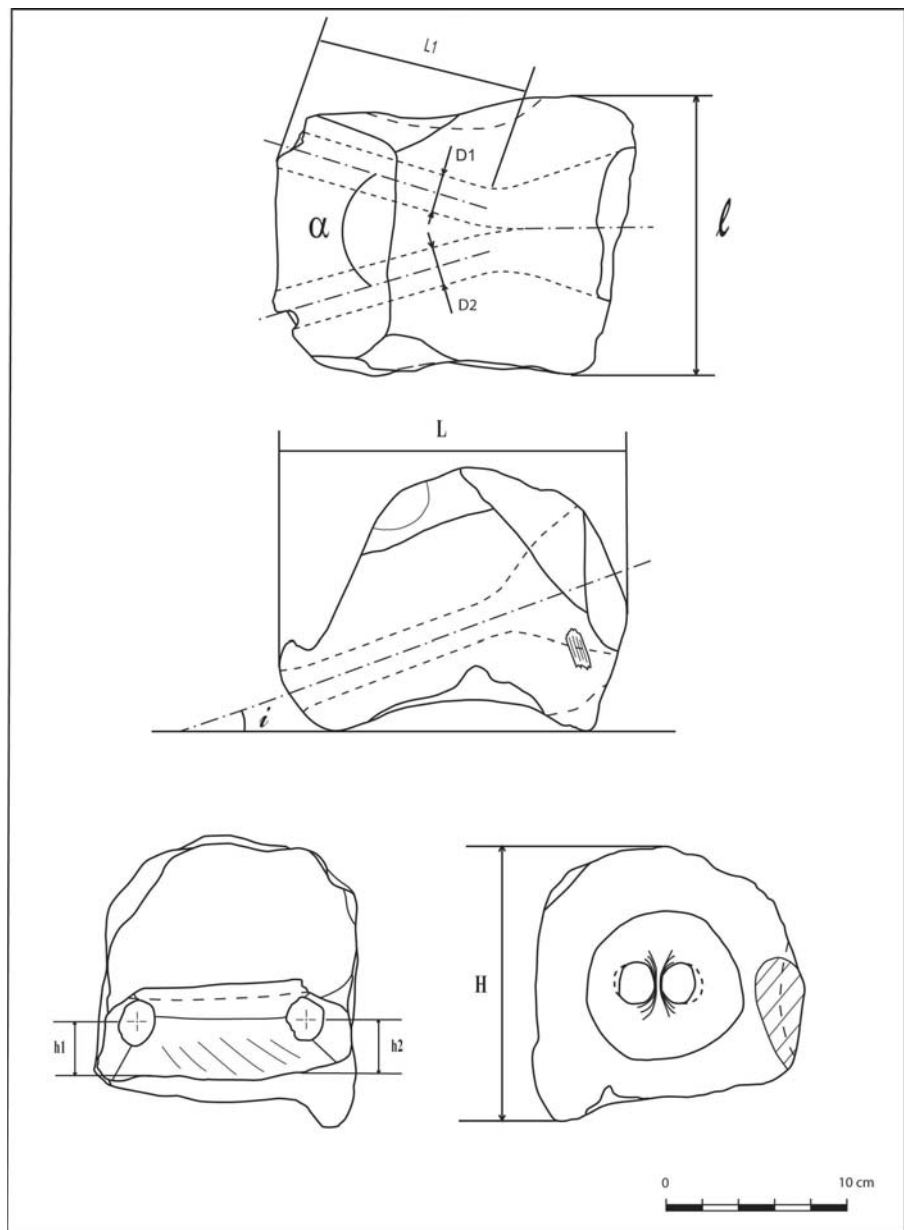


Fig. 22 : Nomenclature des caractéristiques dimensionnelles des blocs-tuyères bifides

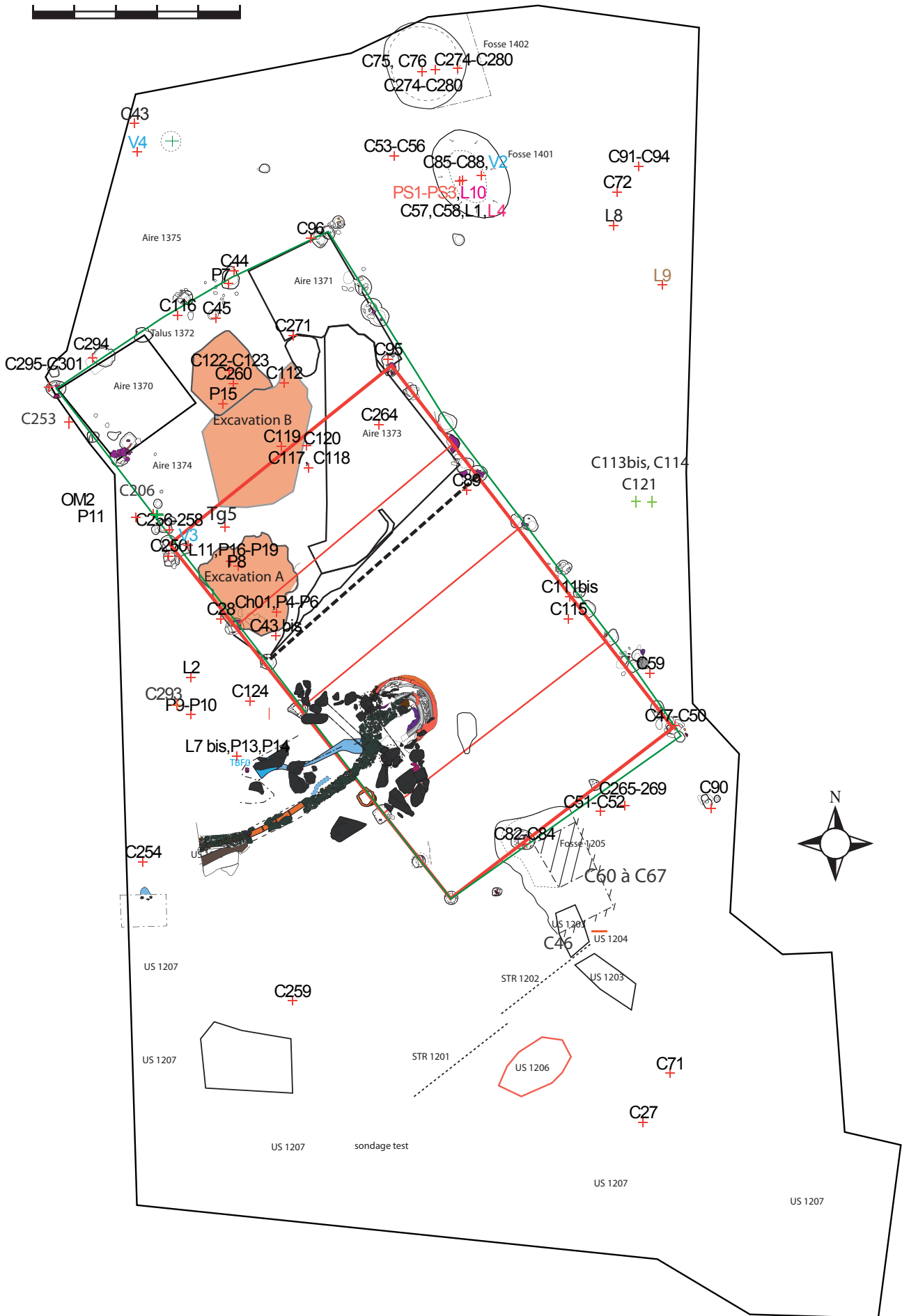


Fig. 22 : répartition du mobilier céramique, tuiles, verre et lithique.

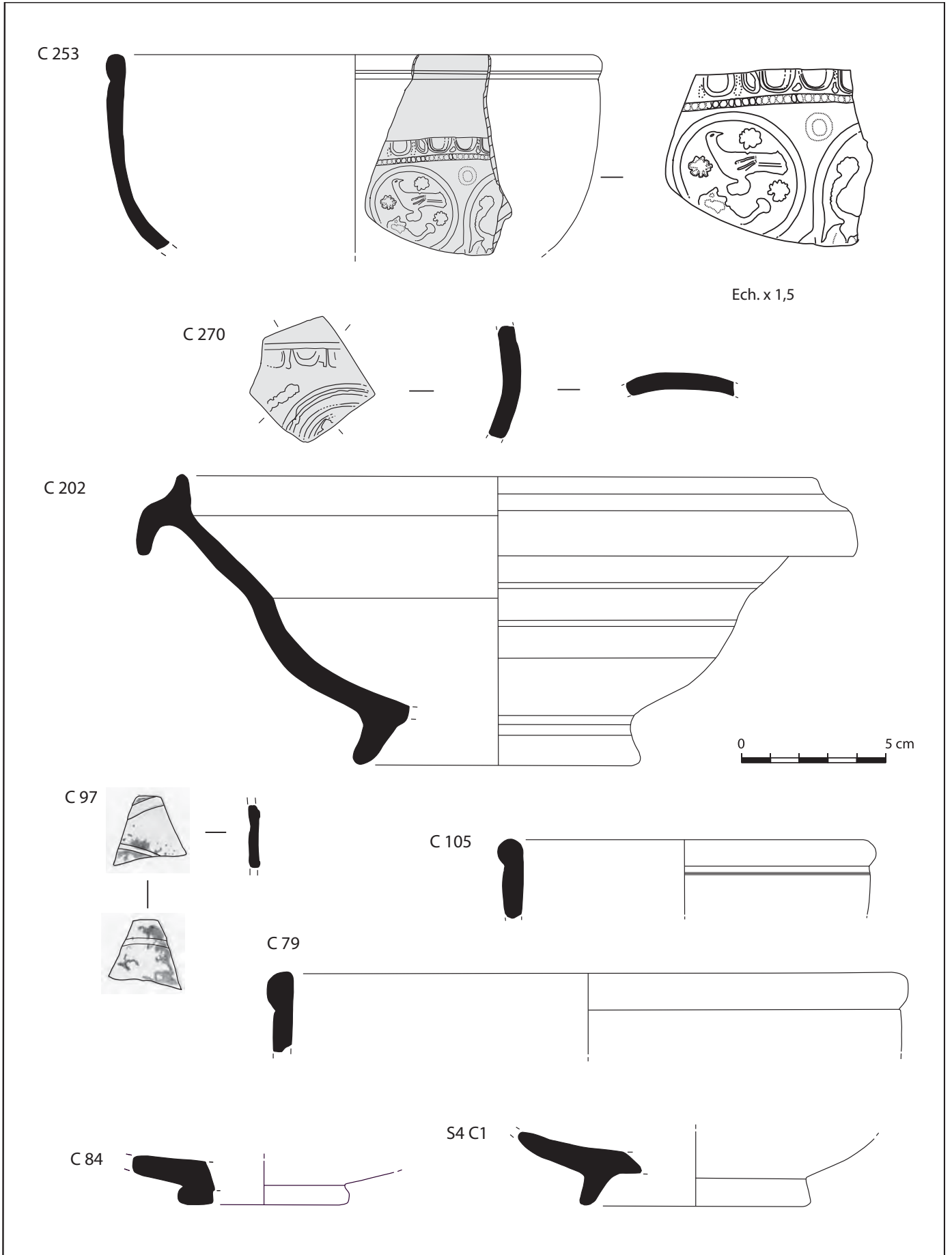


Fig . 23 : Pilleverte II (Plesder) 2011- céramique sigillée.

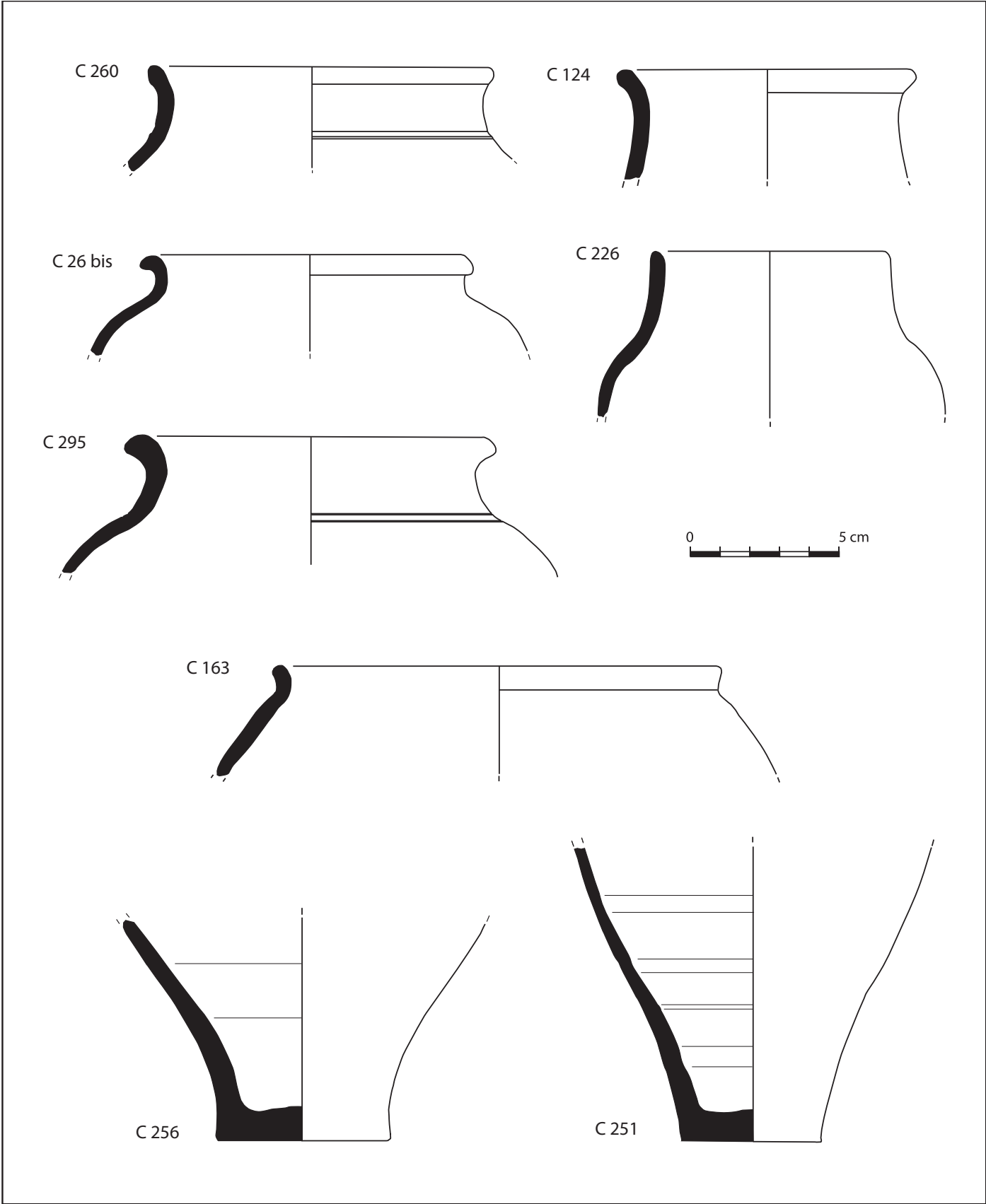


Fig . 24 : Pilleverte II (Plesder) 2011- céramiques gallo-romaines.

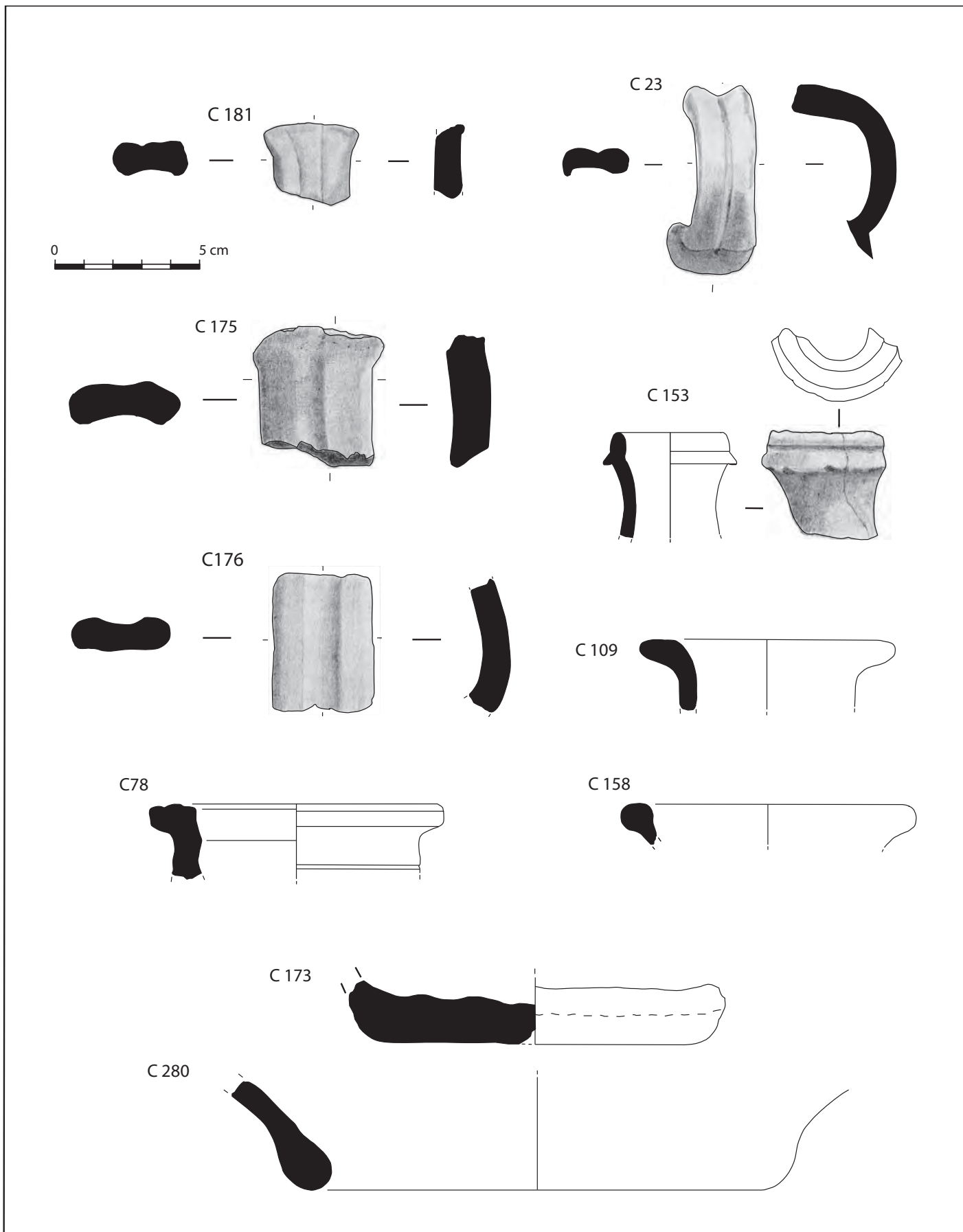


Fig . 25 : Pilleverte II (Plesder) 2011- céramique à pâte claire.

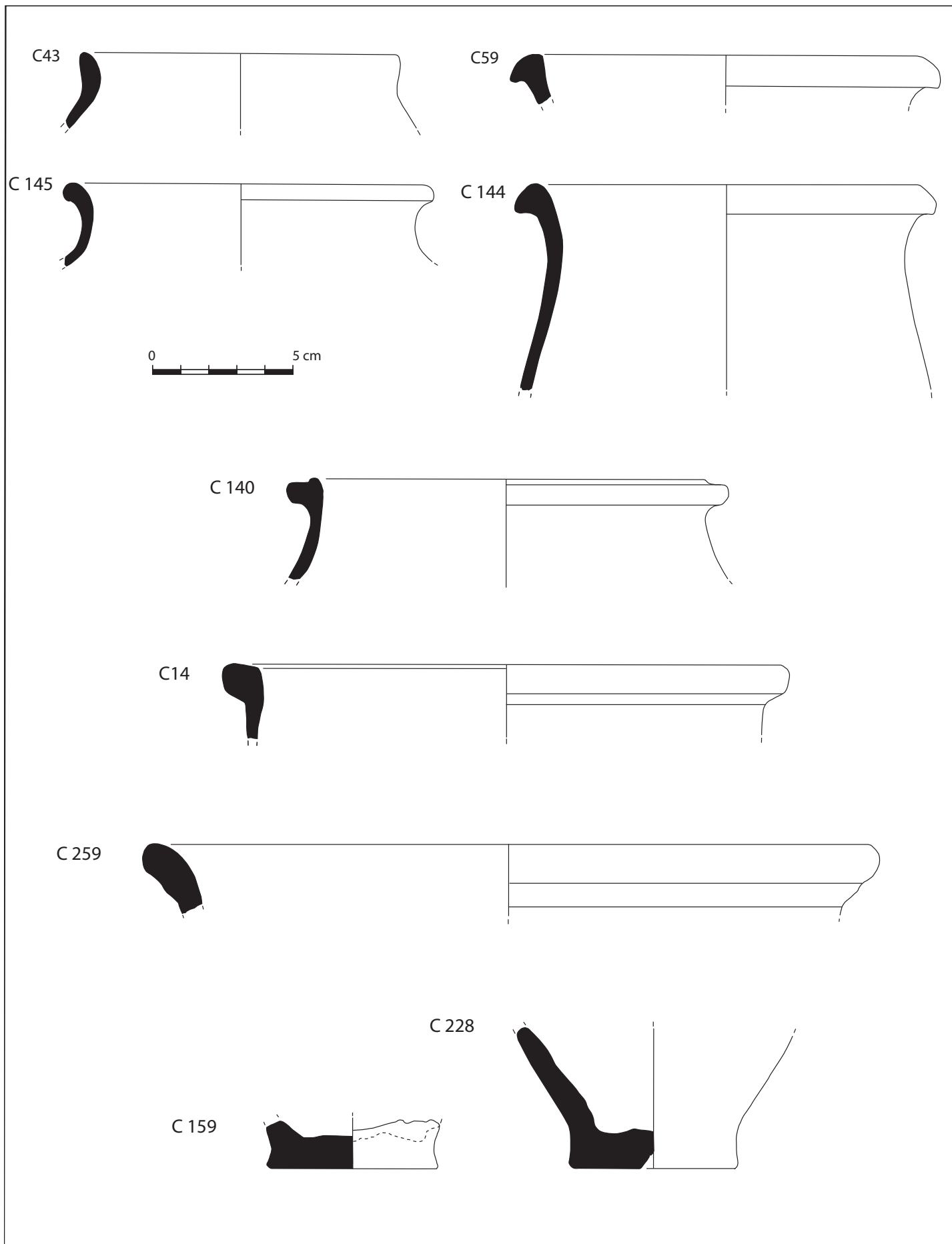


Fig . 25 : Pilleverte II (Plesder) 2011- céramique commune sombre.

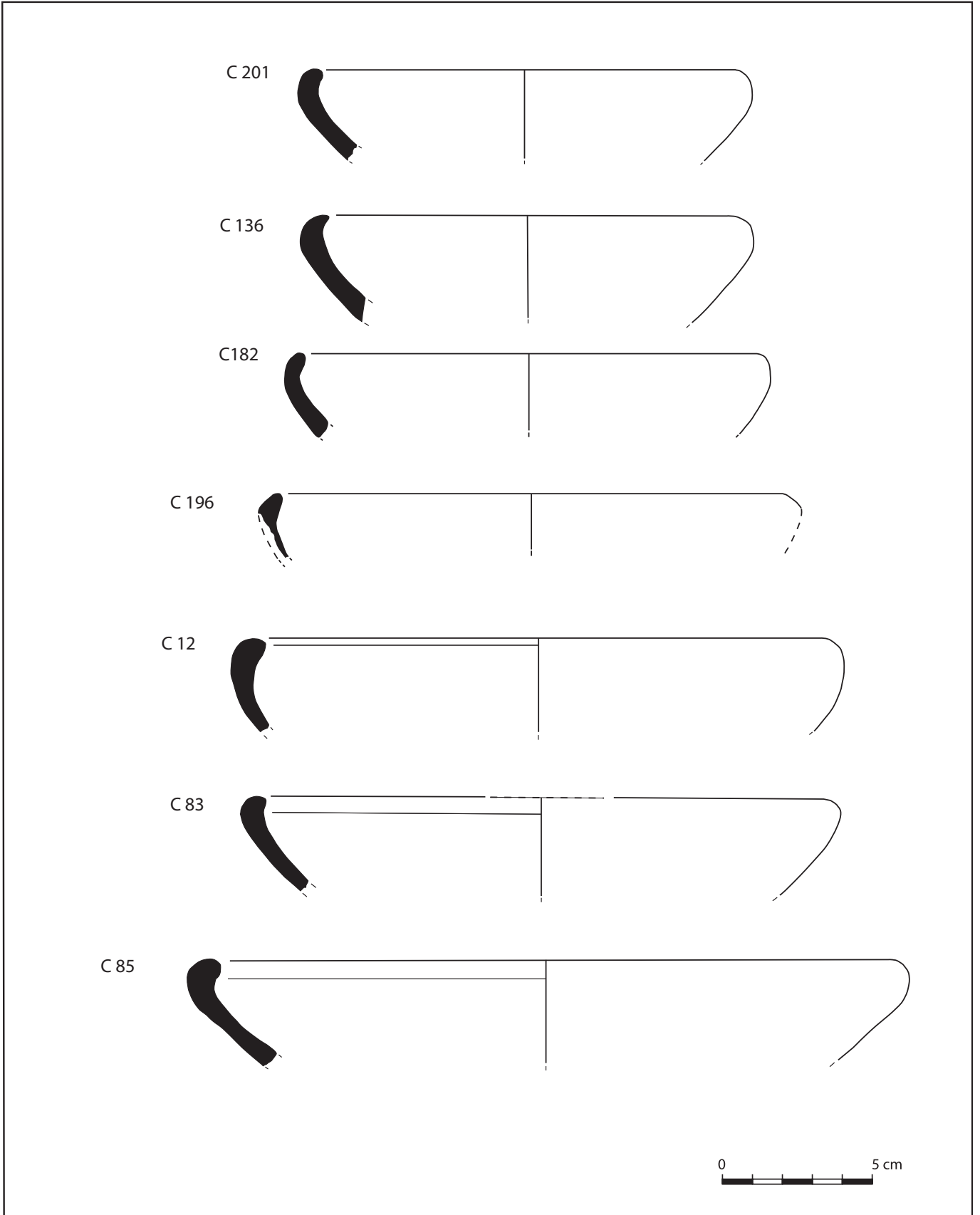


Fig . 26 : Pilleverte II (Plesder) 2011 - écuellen.

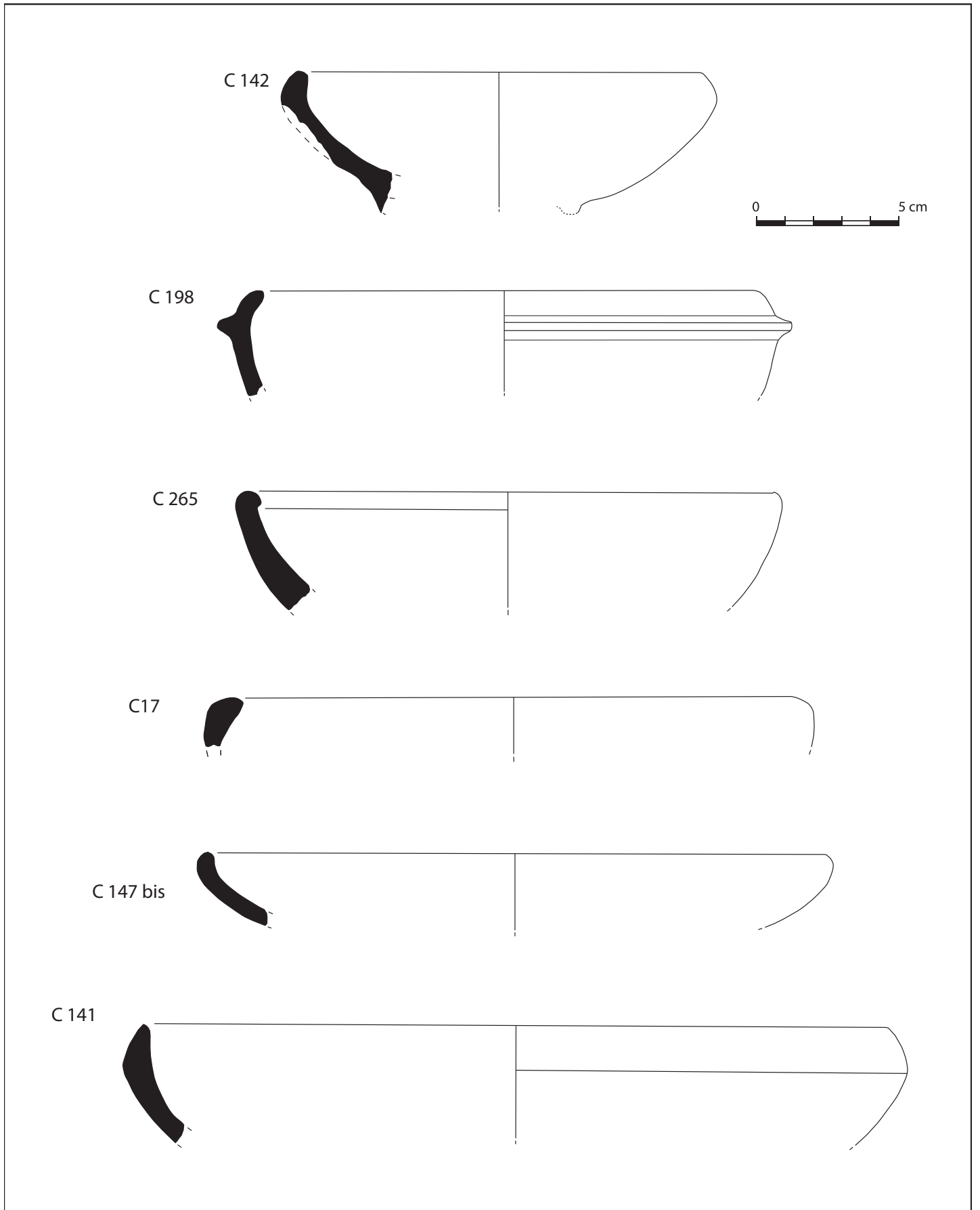


Fig . 28 : Pilleverte II (Plesder) 2011 - écuelles.

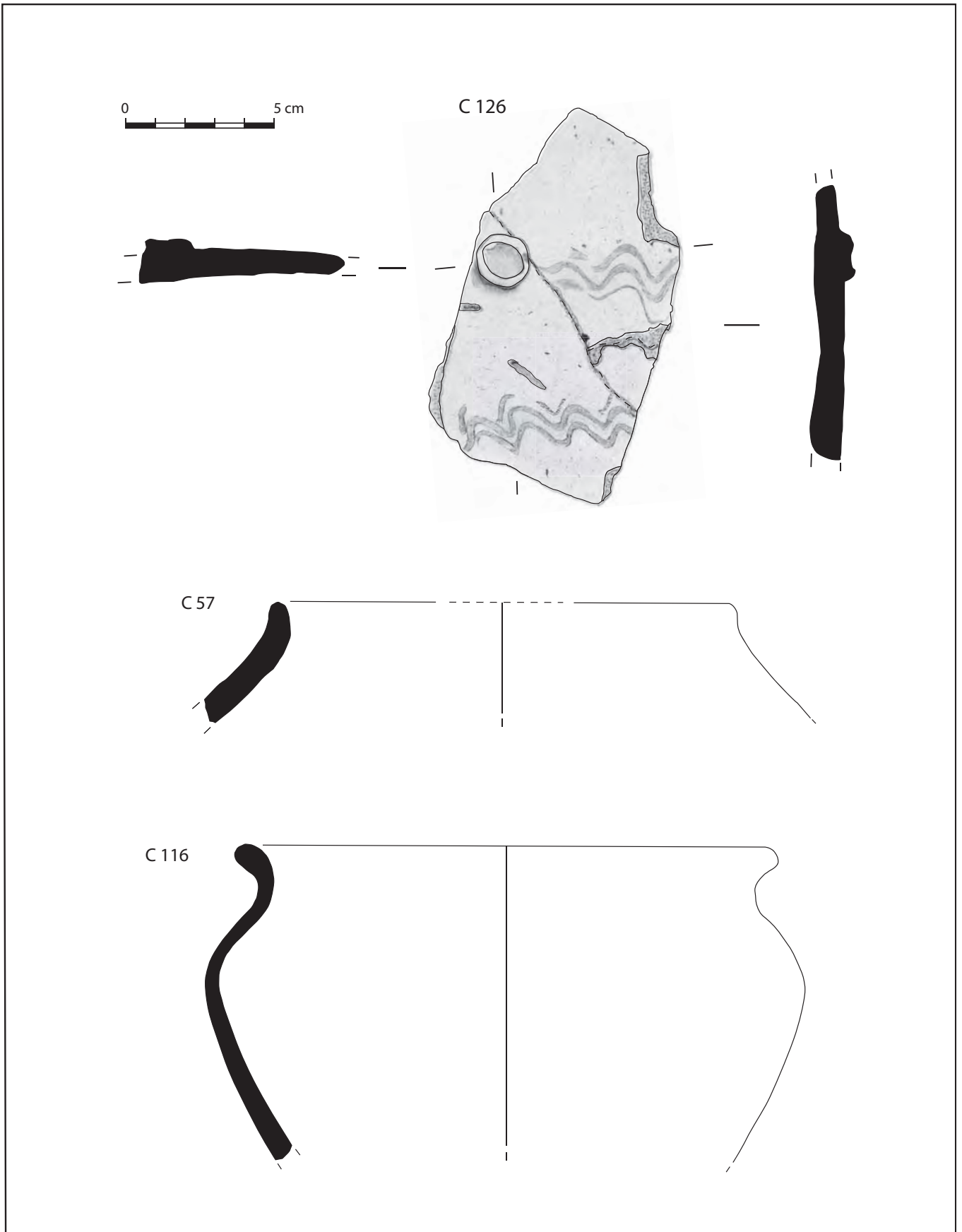
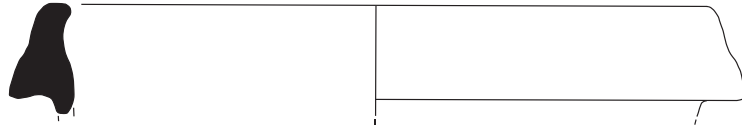
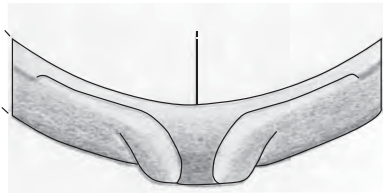
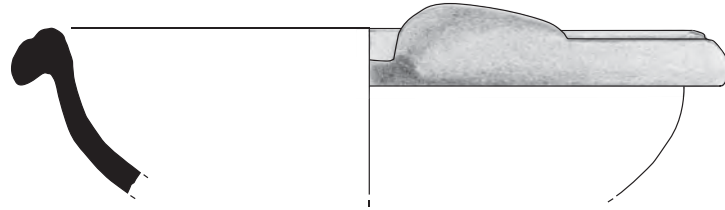


Fig . 29 : Pilleverte II (Plesder) 2011 - céramiques diverses.

C 113



C13



0 5 cm

C 247

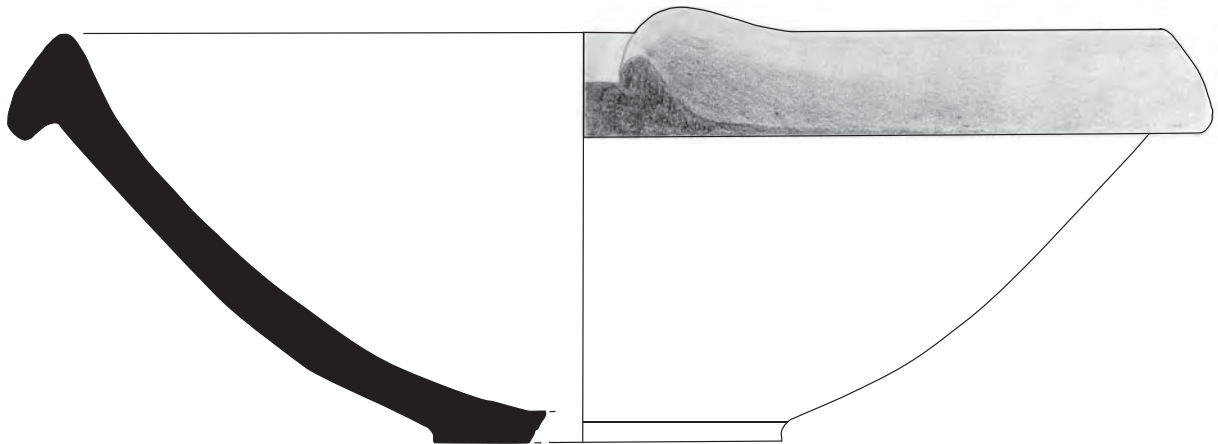


Fig . 30 : Pilleverte II (Plesder) 2011 - mortiers.

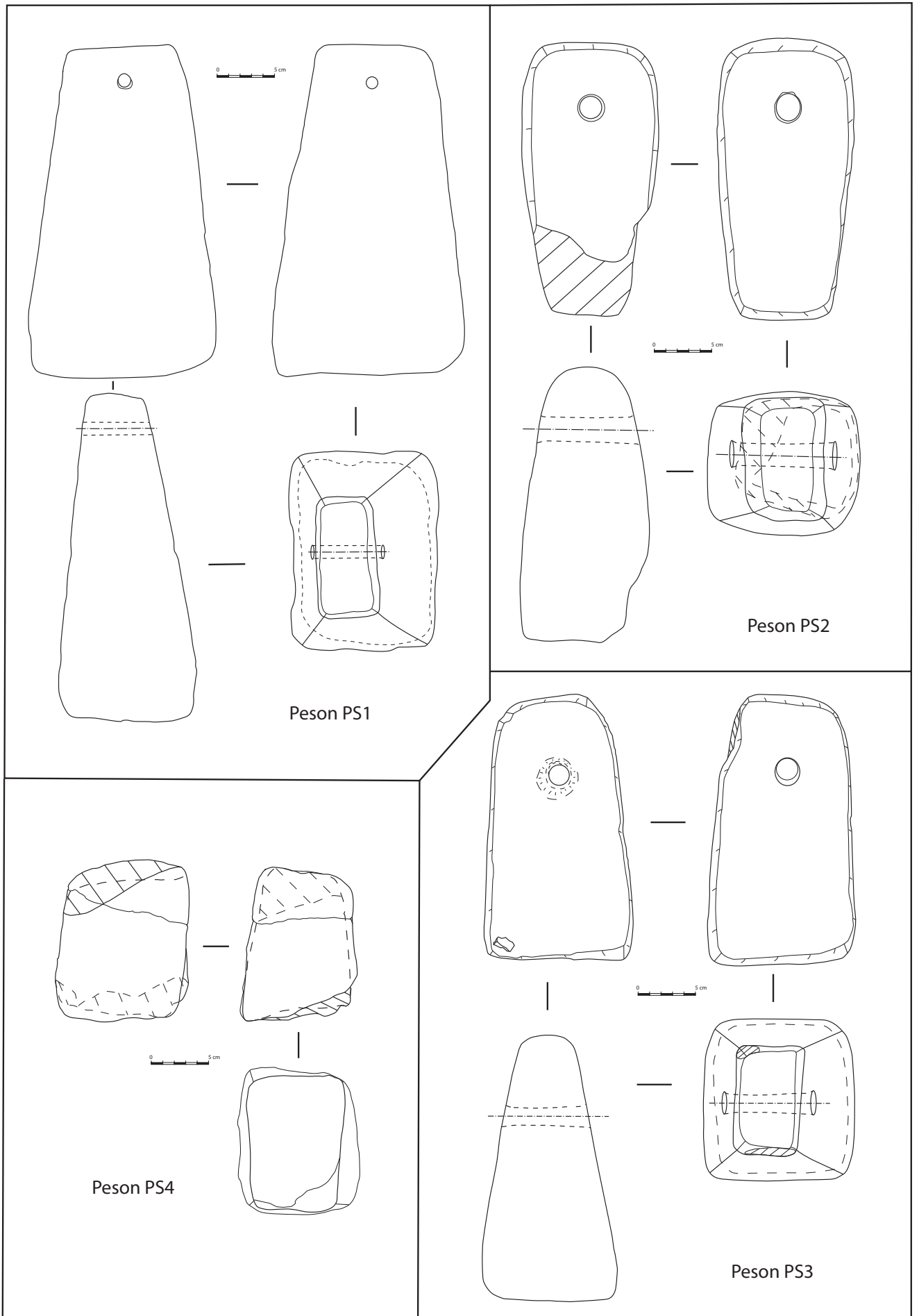


Fig. 31 : pesons du site de Pilleverte.

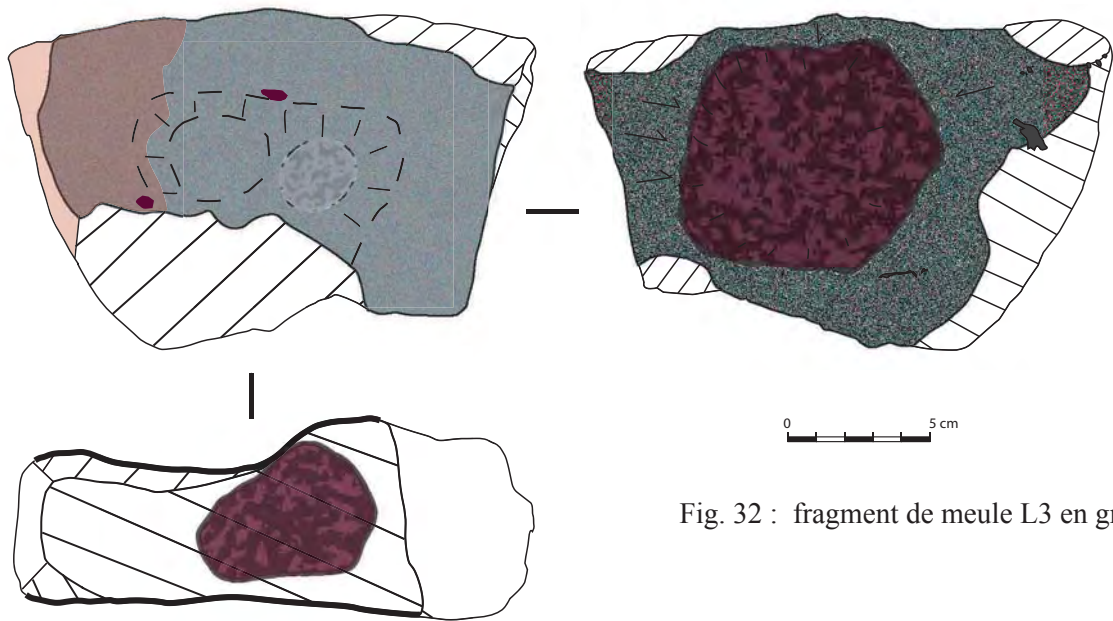


Fig. 32 : fragment de meule L3 en grès.

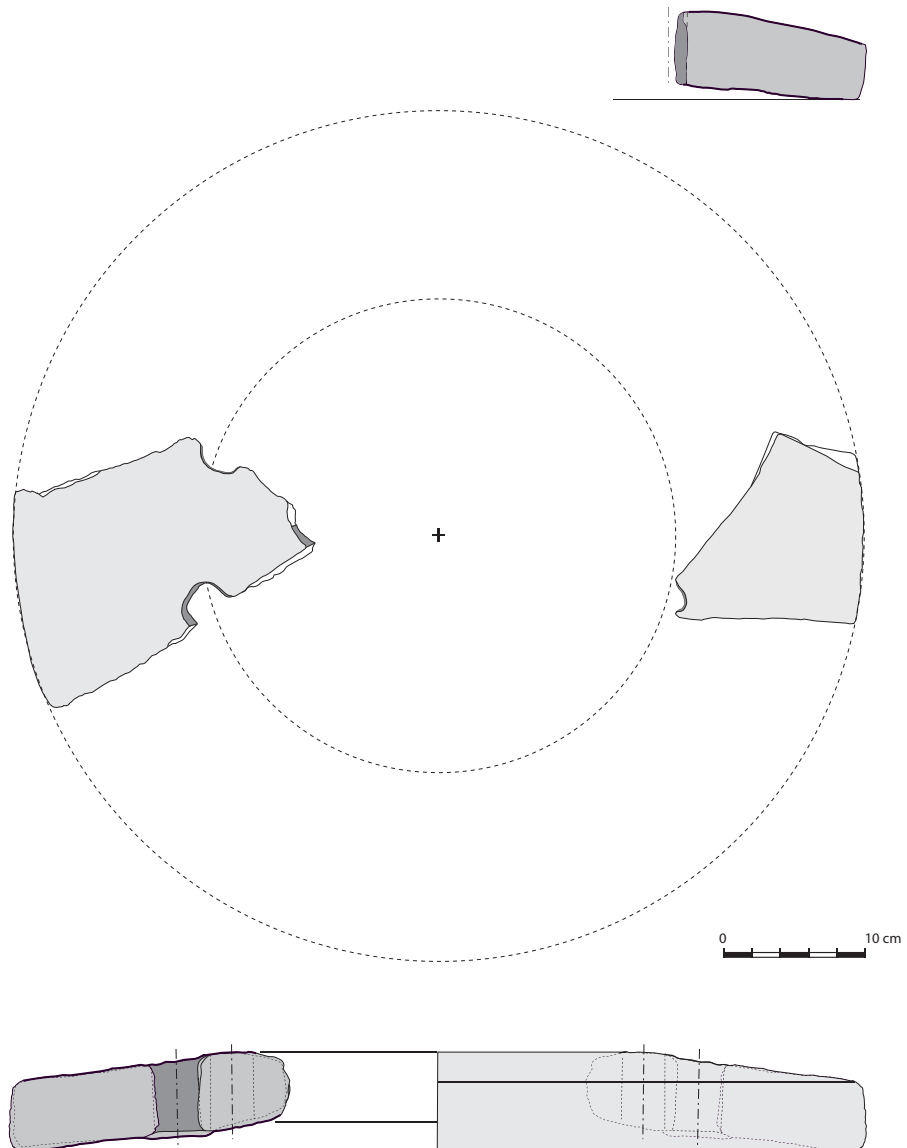


Fig. 33 : fragments de meule L4 (à gauche et en bas) et L6 (à droite et profil en haut) en roche volcanique.

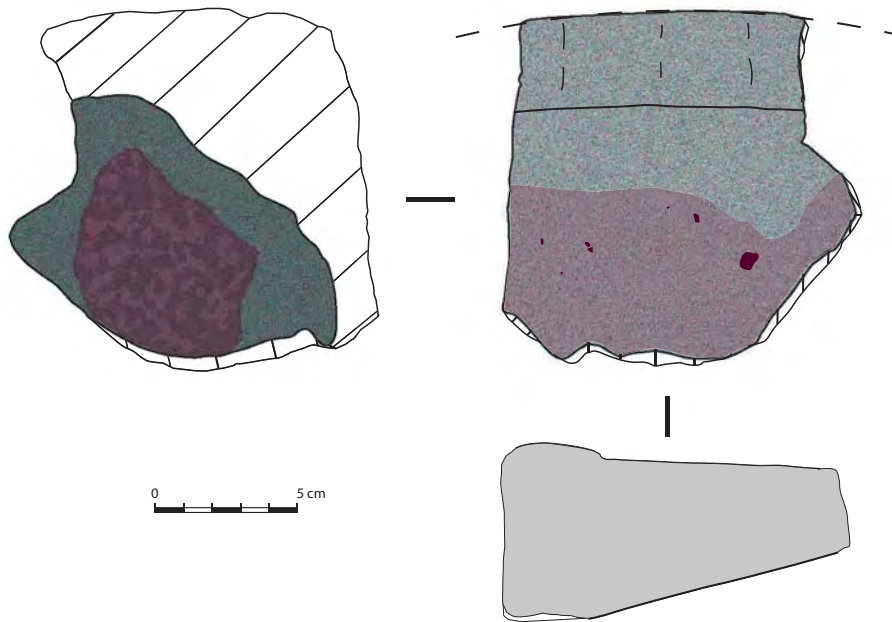


Fig. 34 : fragment de meule L5 en grès.

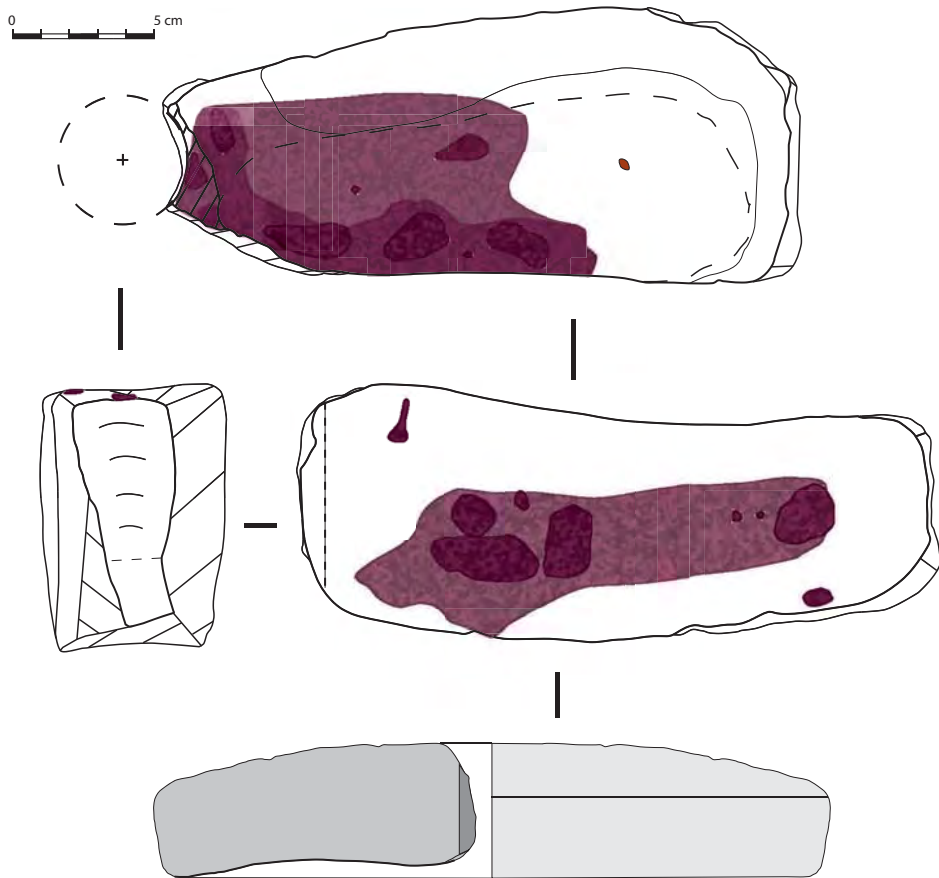
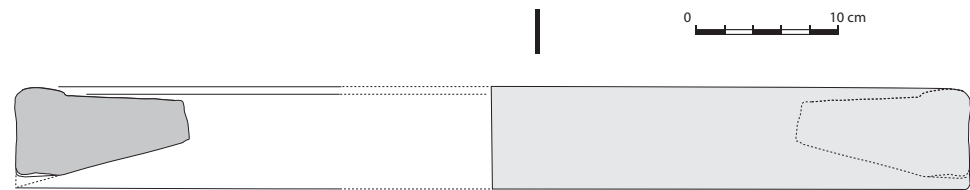


Fig. 35 : fragment de meule L10 en grès.



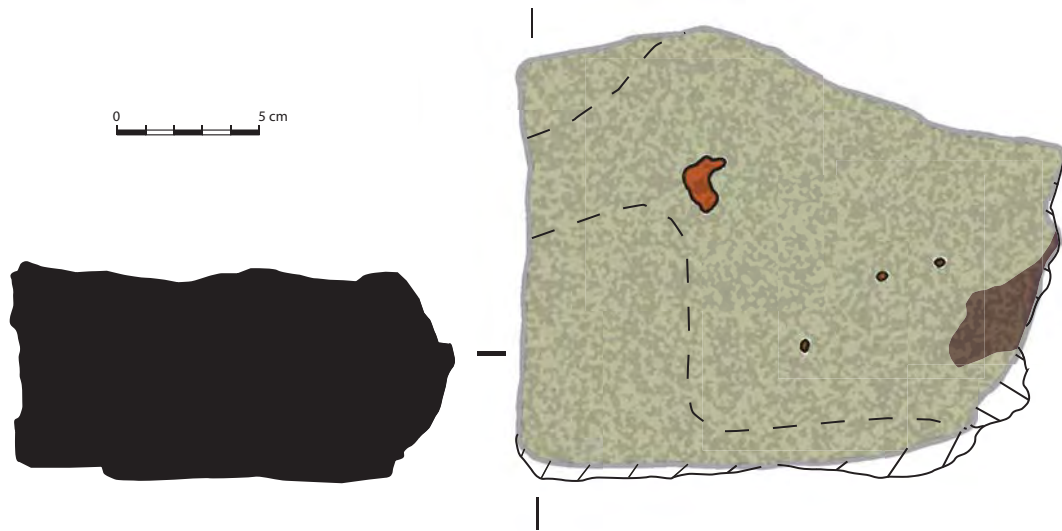


Fig. 36 : bloc de pierre L7 en dolérite.

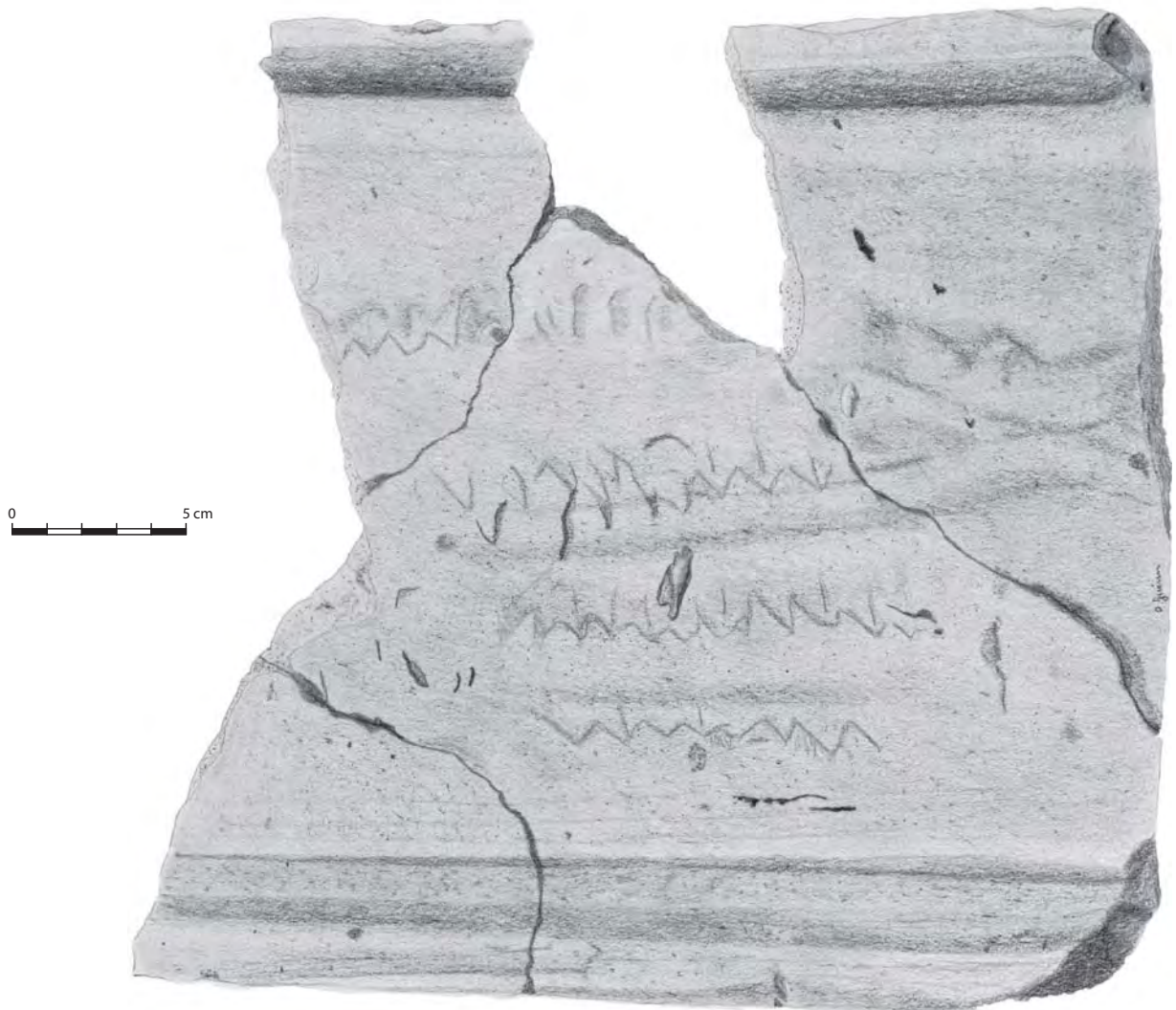


Fig. 37 : tegula portant des empreintes particulières.

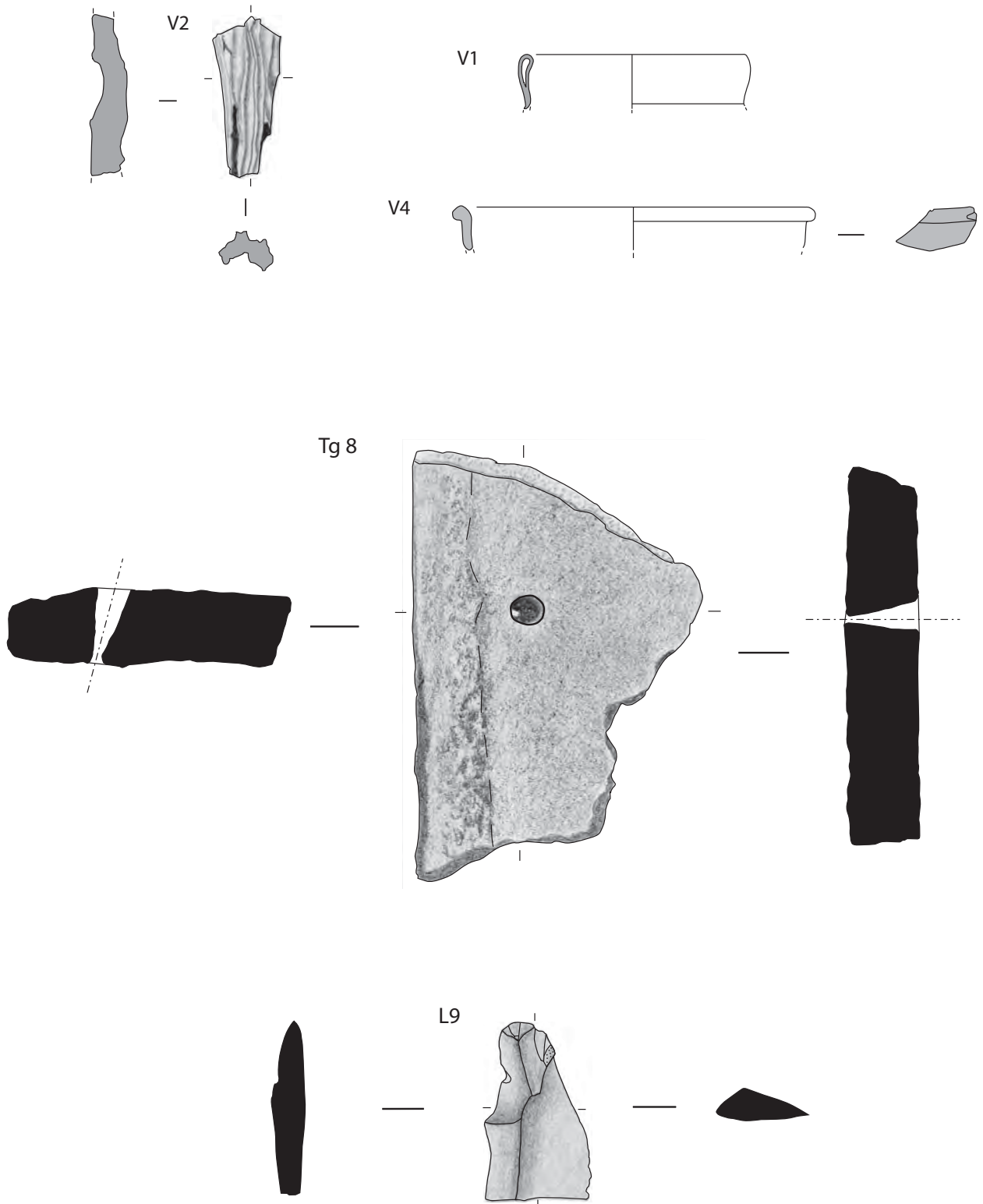


Fig. 38 : mobilier en verre (V1, V2, et V4), tuile percée (Tg8), et lithique L9.

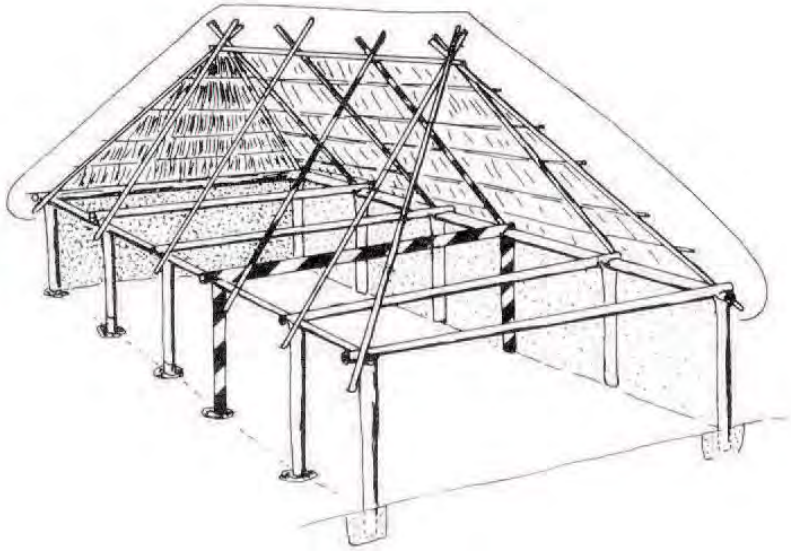


Fig. 39 : Calage de poteau, villa gallo-romaine de Cornebarrieu (31) (Veysseyre, Inrap)

Fig. 40 : Construction à une seule nef, extrait des types de charpente sur constructions quadrangulaires à poteaux plantés (Arcelin et Buschsenschutz, 1985).

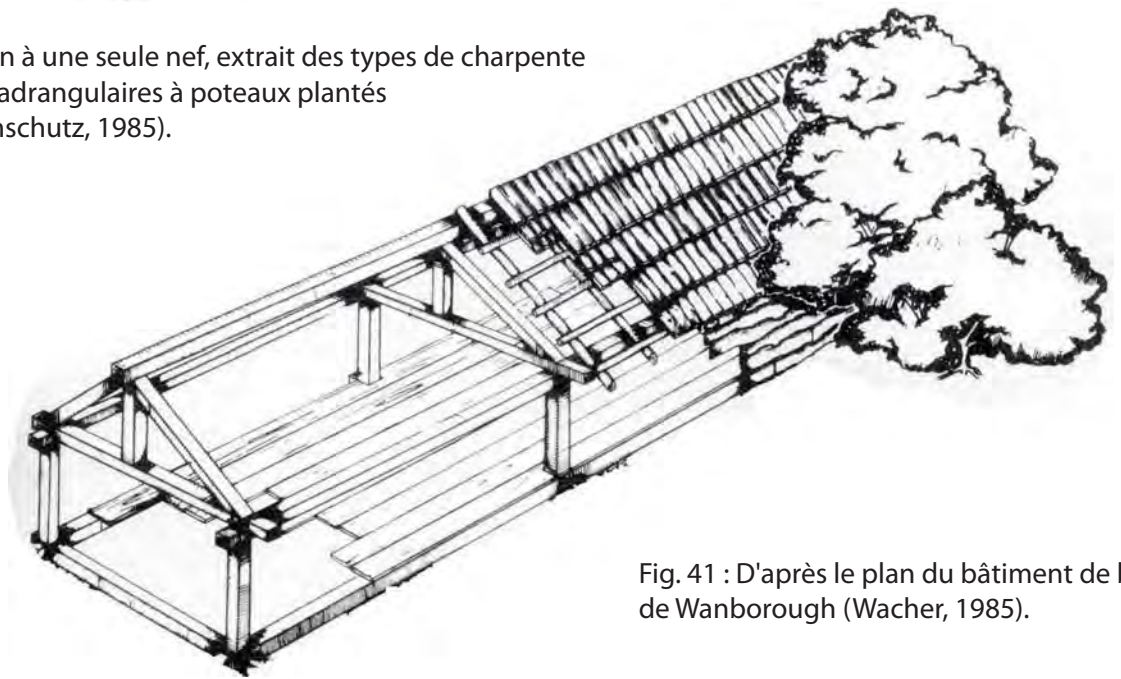


Fig. 41 : D'après le plan du bâtiment de bois de Wanborough (Wacher, 1985).

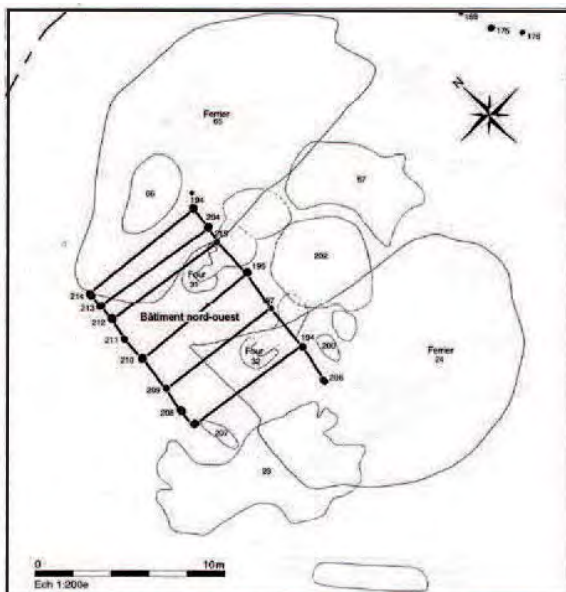
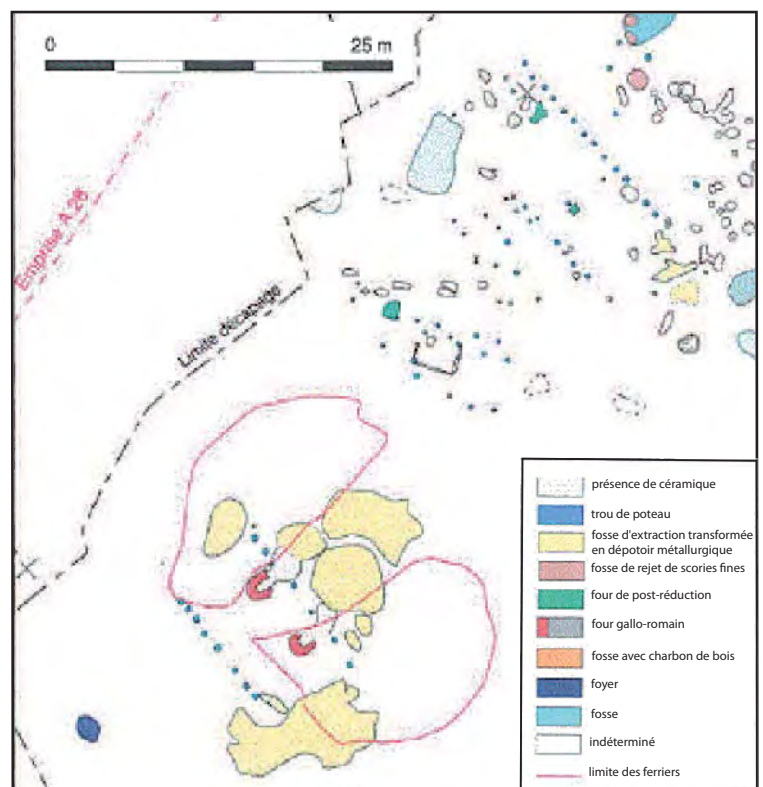


Fig. 42 : atelier du Buisson à St Evroult (d'après Langlois, 2005)



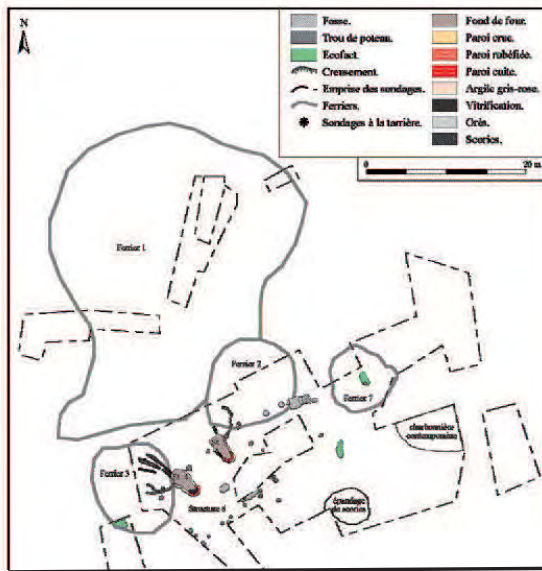


Fig. 43 : atelier de Roche Brune à Sillé le Guillaume (72) (d'après Sarreste, 2005)

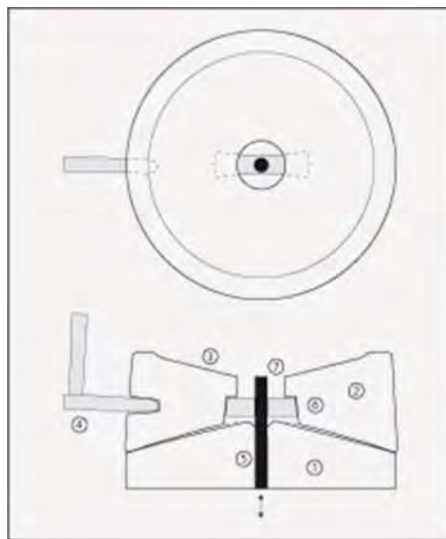
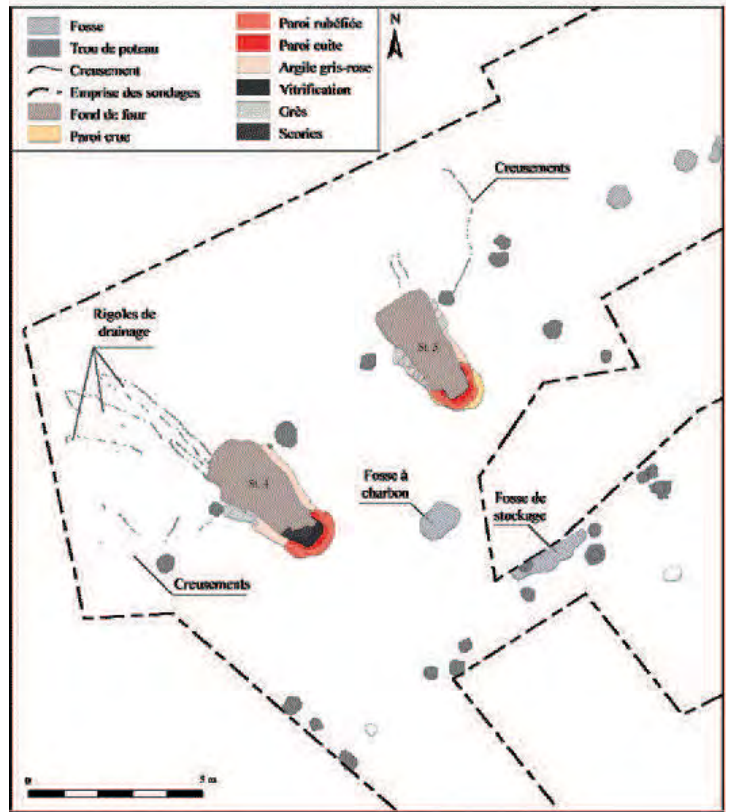


Fig. 44 : Schéma de principe d'un moulin rotatif à bras gallo-romain : 1, meta ; 2, catillus ; 3, trémie ; 4, emmanchement ; 5, axe de rotation ; 6, anille ; 7, oeil (d'après J.-F. Nauleau).

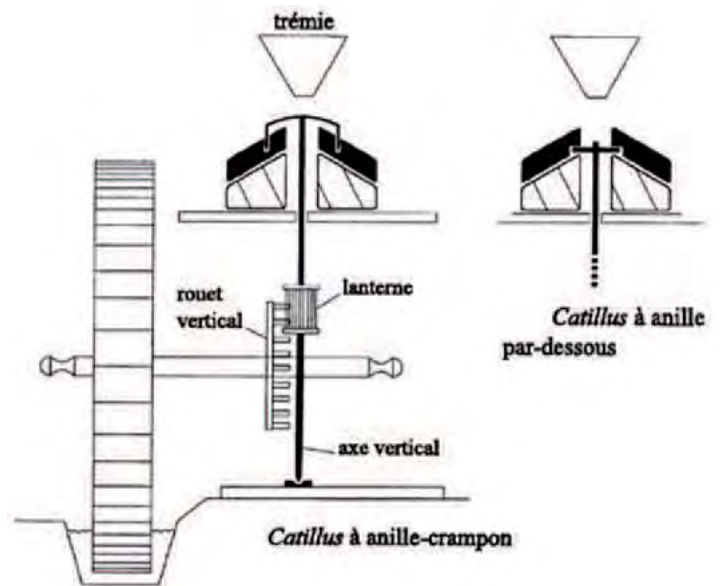


Fig. 45 : Schéma de principe d'un moulin rotatif hydraulique (d'après Longepierre, 2007).

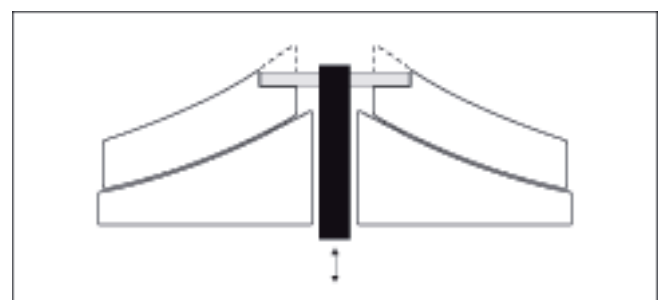


Fig. 46 : Schéma de principe d'un moulin rotatif hydraulique de "type nantais" équipé d'une anille-barrette "par-dessus" (d'après Polinski, 2008).

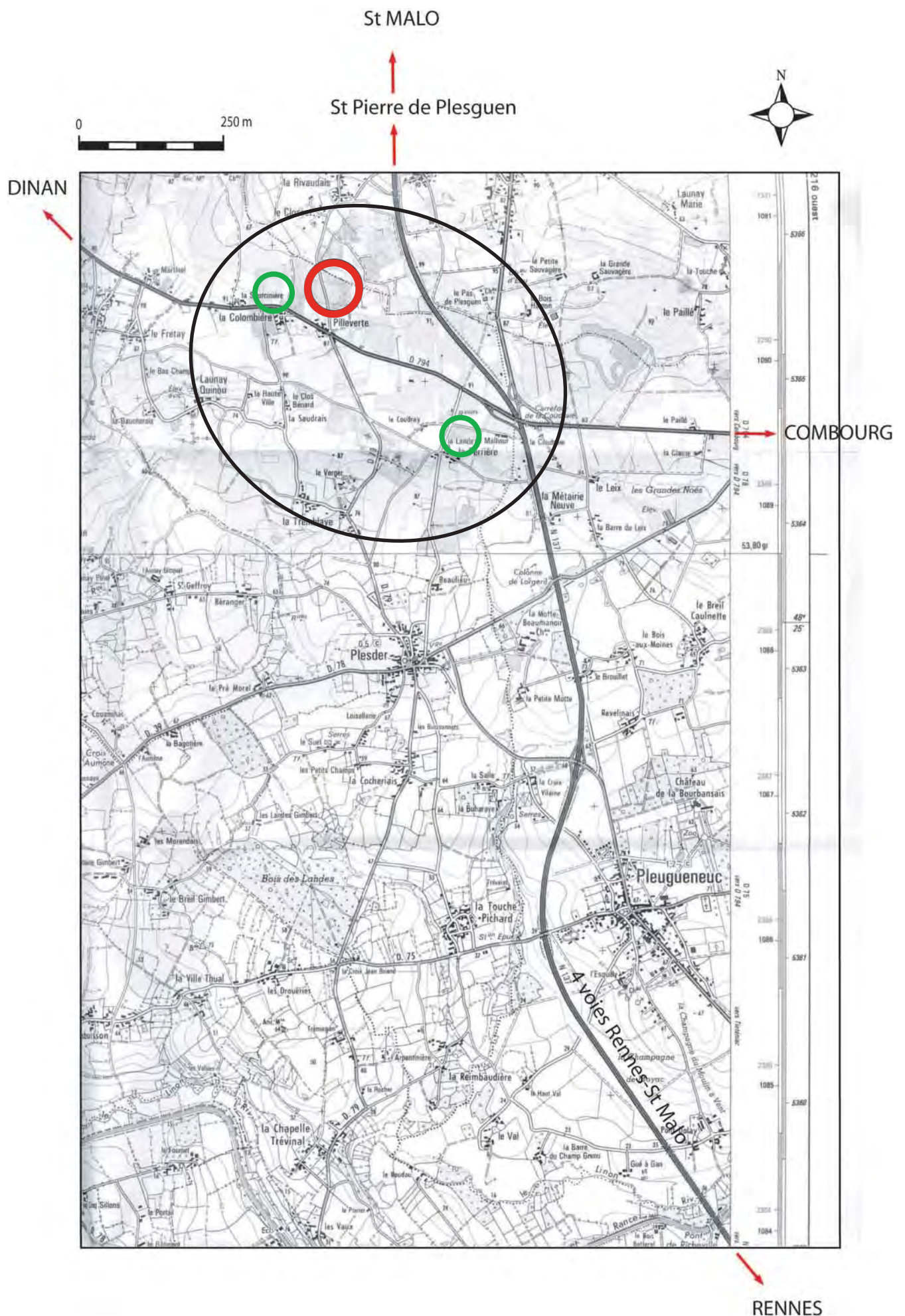


Fig.44 : zone d'activité métallurgique et sans doute minière incluant les ateliers de Pilleverte, La source et La Ferrière à Plesder (35).